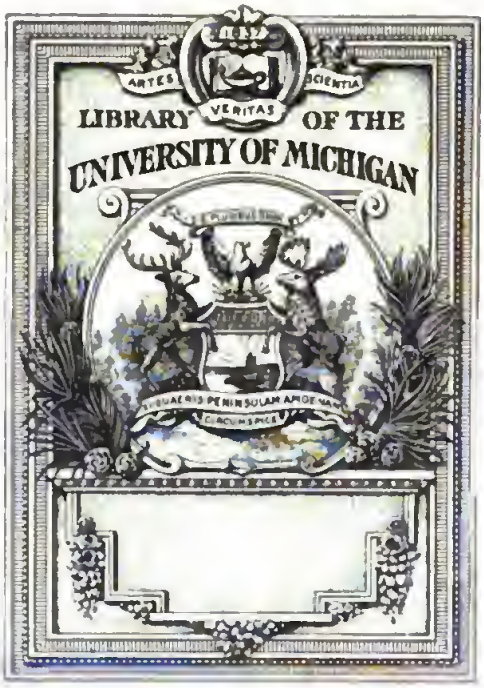
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN

4.6.6.6

Astronomical
Observatory
QB
981
.B83

Astron.
Observ.

Digitized by Google

31543

Ueber

Cosmogonie

vom

Standpunkt christlicher Wissenschaft

mit einer

Theorie der Sonne

von

Carl Braun, S. J.
Dr. Th. et Ph.

Münster, 1887.

Druck und Verlag der Aschendorff'schen Buchhandlung.

Digitized by Google

Vorbemerkung und Inhalt.

Die folgenden Abhandlungen, zu denen in wenigen Monaten noch einige als Schluß hinzukommen werden, sind zuerst erschienen in der Zeitschrift „Natur und Offenbarung", Münster im Verlag der Aschendorff'schen Buchhandlung und zwar:

I.	S. 1—12 Einleitung; allererster Anfang	1885 im März.
II.	S. 12—22 Urstoff	„ „ Mai.
III.	S. 22—36 Entstehung der Sonnen	„ „ Juli.
IV.	S. 36—49 „ „ Planetensysteme	„ „ August.
	S. 49—65 „ „ „	„ „ September.
V.	S. 65—79 Weitere Bestätigungen und Einwendungen .	„ „ December.
VI.	S. 79—96 Beziehungen zur Entwickelung der einzelnen Körper, — Geogonie	1886 „ März.
	S. 96—113 id. Geogonie; Planeten, Mond	„ „ Mai.
	S. 113—129 id. Die Sonne	„ „ August.
	S. 129—145 „ „ „ [Forts.]	„ „ September.
	S. 145—167 „ „ „ [Forts.]	„ „ December.

Druckfehler.

S. 32 Z. 18 lies Meter statt Kilometer.

Einleitung.

Die kosmogonischen Theorien, welche von Kant und Laplace aufgestellt oder angebahnt wurden, haben ein wie es scheint noch stets zunehmendes Interesse gefunden und sind auch in der That von hoher Wichtigkeit. Dieselben sind nicht, wie die übrigen Errungenschaften der Astronomie, von spezifisch astronomischem Interesse, noch auch von bloß naturwissenschaftlicher Wichtigkeit; sie reichen vielmehr ziemlich tief in das Gebiet einer philosophischen Auffassung der gesammten Schöpfung. Und da gerade hier so tief eingreifende Controversen in unserer Zeit geführt werden, ja vielmehr auf dem Gebiet der menschlichen Erkenntniß der große Kampf zwischen Licht und Finsterniß in unserer Zeit gerade auf diese und damit zusammenhangende Fragen sich zugespitzt und concentrirt hat, so ist das allgemeine Interesse, welches diese Theorien besonders in den letzten Zeiten finden, leicht verständlich.

In „Natur und Offenbarung" ist aber meines Wissens eine ausführliche und gründliche Darlegung und Erörterung dieser Theorien noch nicht geboten worden. Es wird deshalb den Lesern dieser Zeitschrift wohl nur erwünscht sein, wenn diese Anschauungsweisen in ihren Hauptzügen vorgeführt und ihre Berechtigung sowie auch ihre philosophischen Consequenzen einigermaßen ins rechte Licht gestellt werden. Dies ist, was ich in gegenwärtiger Arbeit anstrebe.

Die Astronomie wird die „Königin der Wissenschaften" genannt. Wenn die Unermeßlichkeit und Höhe des Gegenstandes dieser Wissenschaft, und wenn namentlich jene unbegreifliche innere Hinneigung und gleichsam Sympathie des menschlichen Geistes, jener Zug „zu den Sternen" und jene Freude an der schönen Ordnung die „am Ster-

neuzeit" waltet, dieſer Benennung Berechtigung bietet, dann verdient ſie dieſelbe gewiß. Sie hat den Vorzug, daß ſie die Unendlichkeit und Erhabenheit des Gegenſtandes, welche andere Wiſſenſchaften an ihrem Gegenſtand nur allmählich im Geiſt erkennen oder ahnen lehren, gleichſam direct, ja einigermaßen ſinnlich wahrnehmbar vor Augen führt und ſo den Schöpfer in mehreren ſeiner Eigenſchaften nicht blos wie in einem trüben Spiegel reflectirt, ſondern gleichſam direct und wie nur durch einen dünnen Schleier verhüllt erkennen läßt.

Abgeſehen aber hievon, und rein menſchlich geſprochen, hat die Aſtronomie vor allen andern Wiſſenſchaften das voraus, daß ſie dem ihr vorſchwebenden Ziel weit näher gekommen iſt und ihren Gegenſtand bei weitem mehr einigermaßen erſchöpft hat als irgend eine andere Wiſſenſchaft. Dies gilt nun aber auch namentlich in Bezug auf die Frage nach dem tieferen Grunde der Erſcheinungen und ihres Gegenſtandes ſelbſt — was ja eben die Kosmogonie ausmacht.

Jede Naturwiſſenſchaft ſtrebt — der innerſten Natur des menſchlichen Geiſtes entſprechend — danach, nicht bei der Erkenntniß der Erſcheinungen und deren gegenſeitiger Abhängigkeit und Verkettung ſtehen zu bleiben, ſondern auch eine tiefere innere Begründung derſelben, ja womöglich des Weſens derſelben, zu erlangen. So ſtrebt auch die Chemie als Wiſſenſchaft danach, womöglich einen richtigen Einblick in das innere Weſen des Stoffes und die Conſtituirung der Materie zu erlangen, und nicht ganz zutreffend iſt, was einſt ein eifriger Profeſſor der Philoſophie ſagte: „Die Chemie und Phyſik haben ſich nur mit den Erſcheinungen zu befaſſen, das Andere „gehört Uns"". Ebenſo iſt die Phyſik bemüht, wenigſtens einiges Licht über das innere Weſen der Kräfte zu erlangen, deren Geſetze und Wirkungen ſie ſtudirt. Das Geheimniß der Gravitation, der Moleeular- und chemiſchen Kräfte, des elektriſchen und magnetiſchen Agens, ſchwebt einſichtsvollen Phyſikern ſtets als eine weit wichtigere Frage vor, als die Erkenntniß der Geſetze, nach denen irgend eine ſpezielle Erſcheinung ſich entwickelt und verläuft. Aber wie weit ſind dieſe Wiſſenſchaften noch von der Erreichung dieſer ihrer höheren Aufgaben! Sie laſſen dieſelben auch gleichſam ganz ruhen, ebendeßhalb, weil es klar iſt, daß ihnen bis jetzt noch lange nicht die Mittel zu Gebote ſtehen, ſolche Fragen mit einigem Erfolg zu behandeln.

Bei der Aſtronomie verhält ſich die Sache weſentlich anders. Die Frage nach dem Urſprung und der inneren Ausbildung ihres Gegenſtandes, d. h. der Geſammtheit der Himmelskörper, iſt nicht

bloß bereits einigermaßen zum Abſchluß gediehen durch eine plauſibele Hypotheſe, ſondern dieſe Hypotheſe iſt ſchon nahe daran, eine Theſe, ja ſichere Wahrheit zu werden. Das mag daher kommen, daß — wie bereits bemerkt wurde — das Tieferliegende der Wiſſenſchaft, was auf andern Gebieten nur durch intellectuelle Arbeit der Erkenntniß oder Ahnung näher gebracht wird, in der Aſtronomie wenigſtens zum Theil einer directen Anſchauung offen liegt, anderntheils auch daher, daß der Gegenſtand der Aſtronomie bei all ſeiner Großartigkeit und Unermeßlichkeit doch weit weniger complex und, um ſo zu ſagen, aus weit weniger Ideen und Begriffen aufgebaut iſt, als das bei andern Wiſſenſchaften der Fall iſt.

I. Allererſter Anfang.

Wenn wir nun eine Theorie der Kosmogonie d. h. der Entſtehung der Welt behandeln, und wenn — wie eben erwähnt — keine Wiſſenſchaft in der Frage nach den letzten Urſachen und dem Urſprung ihres Gegenſtandes ſoweit vorangekommen iſt wie die Aſtronomie, ſo könnte Mancher geneigt ſein, das Wort Kosmogonie in ſeinem vollen Sinn zu nehmen und zu erwarten, daß auch über den allererſten Anfang der Dinge, durch welchen nämlich deren Exiſtenz überhaupt begonnen hat, wenigſtens einiger Aufſchluß gegeben werde.

Dem iſt aber nicht ſo. Auch die vollendetſten kosmogoniſchen Theorien fangen an mit einem *Urſtoff*, den ſie als *bereits gegeben* vorausſetzen. Der allererſte Anfang aber und die Fragen, woher und wie dieſer Urſtoff entſtanden ſei, die werden als transſcendente Fragen gar nicht behandelt; oder wenn doch Etwas darüber geſagt wird, ſo geſchieht es in einer nichts weniger als wiſſenſchaftlichen Weiſe.

Nun, daß man darüber ſchweigt, das iſt ja am Ende in Ordnung und nicht zu tadeln. Die Wiſſenſchaft als ſolche weiß darüber Nichts, und jede Wiſſenſchaft hat ja einmal ihre Grenzen. Ueber die allererſten Anfänge wie über die allerletzten Urſachen und Prinzipien iſt einmal ein für den menſchlichen Geiſt undurchdringlicher Schleier ausgebreitet. Nicht als ob darüber überhaupt alle Erkenntniß unmöglich, als ob es an ſich etwas Dunkles wäre, ſondern weil uns alle dazu erforderlichen Begriffe und analogen Auffaſſungsweiſen abgehen. Wie Gott ſelbſt, der eigentliche reale Urgrund alles Erkennbaren, — „Gott iſt Licht, und in Ihm gibt es keine Finſterniß“ 1 Joh. 1. 5. — doch lumen inhabitat inaccessibile, in einem unzu-

gänglichen Licht wohnt, so auch ähnlich die ersten auf die Schöpfung zielenden Emanationen seiner Weisheit, welche für uns eben die ersten Prinzipien und Grundlagen unsrer Erkenntniß sind.

Allein sehr zu tadeln ist, daß man solche Fragen wie die gegenwärtige gänzlich bei Seite schiebt. Man weicht denselben aus nicht blos in der Eigenschaft als Physiker und in naturwissenschaftlichen Diskussionen, sondern auch als denkender Mensch überhaupt. Die Physiker als solche mögen die Frage nach dem allerersten Ursprung bei Seite lassen, weil ihnen anerkanntermaßen alle wissenschaftlichen Mittel abgehen, dieselbe zu lösen. Aber der mit höherer Vernunft begabte Mensch kann auf eine vernünftige Lösung nicht verzichten, ohne sich dem Vorwurf freiwilliger geistiger Beschränkung auszusetzen.

Doch dieser Mangel an intellectueller Strebsamkeit wäre noch ein ziemlich unschädliches Uebel. Es liegt aber diesem Vorgehen gewöhnlich ein tief einschneidender, viel verderblicherer Irrthum zu Grunde. Das Licht, welches die Wissenschaft in so unzähligen Fragen und Erfindungen entwickelt hat, blendet das geistige Auge so, daß man, vielleicht ohne es zu wissen und zu wollen, allmählich zu der Anschauung kommt, die „Wissenschaft" müsse Alles durchdringen und ins rechte Licht stellen können, und deshalb müsse ein denkender Mensch nur das eigentlich für wahr und unumstößlich ansehen, was „wissenschaftlich" (d. h. am Ende durch Experimente oder Calcul) erhärtet sei. Aus einem solchen Prinzip folgt aber dann schon mit unmittelbarer Consequenz, daß Alles, über das die Wissenschaft Nichts zu sagen weiß, als einfach nicht seiend angesehen wird. Es ist klar, daß nach diesem Grundsatz alle positive Religion schon a priori verurtheilt wäre. Begabte Menschen, welche wohl auch in der edelsten Absicht auf eine tief wissenschaftliche Begründung aller ihrer Überzeugungen ausgingen, ohne dabei richtig geleitet zu werden, haben auf diesem Wege und durch dieses thörichte Prinzip ihren Glauben und alle idealere Auffassung des Lebens verloren, und verlieren dieselbe noch beständig!

In unserem Fall wird nach diesem Prinzip geschlossen: Über eine Entstehung des Urstoffes weiß die Wissenschaft absolut Nichts. Also hat eine solche Entstehung nie stattgefunden, und folglich besteht der Urstoff von Ewigkeit her. — Aber wenn irgend ein Prinzip falsch und verderblich ist, so ist es dieses argumentum ab ignorantia, dieser Beweis aus der Unwissenheit, d. h. dessen ganze Kraft

darin liegt, daß wir über eine Sache keine wissenschaftliche Kenntniß haben. Wenn dasselbe consequent durchgeführt würde, so würden auf allen Gebieten des menschlichen Lebens die schrecklichsten Folgen daraus sich ergeben.

Aber jede Wissenschaft hat doch ihr ziemlich eng begrenztes Feld, und sie weiß Nichts von dem, was außerhalb desselben liegt. Die Chemie weiß Nichts von Planetenstörungen oder von der Miocenperiode, und ein ausgezeichneter Chemiker kann vollkommen ignorant sein in der Astronomie; die Physik weiß ebenso nichts von Indigo-Bereitung oder vom Cholerabacillus, die Paläontologie Nichts von den Abel'schen Integralen, und die Astronomie Nichts vom Sehpurpur 2c. Jede Wissenschaft erkennt also sogar an, daß sie nur für ein begrenztes Gebiet maßgebend urtheilen könne. Wie kann man also aus dem Factum, daß die Wissenschaft über einen Gegenstand Nichts zu sagen weiß, einen Schluß ziehen, daß eine ventilirte Sache sich so oder so verhalte! Nichts folgt daraus, als nur, daß jede Wissenschaft beschränkt ist und über Vieles einfach Nichts weiß, und daß es also sehr viele Wahrheiten geben muß (da doch das Gebiet der Wahrheit unendlich ist), über welche ein Aufschluß nur auf andere Weise erzielt werden kann.

Dies gilt um so mehr als 1. alle exacten Wissenschaften auch im Complex zusammengenommen und als „die Wissenschaft" bezeichnet, ganz unverhohlen als Prinzip aufstellen, daß sie nur solche Dinge in den Kreis ihrer Untersuchungen ziehen, welche entweder durch Beobachtung und Experiment, oder durch den Calcul erreichbar sind, d. i. also nur materielle Dinge und Ereignisse. Wer sieht nicht darin, daß die Wissenschaft selbst — und zwar bis zu einem gewissen Grad mit gutem Recht — ihr Gebiet einschränkt, und daß es folglich noch sehr große andere Gebiete geben muß, in welchen andere Deductionen und Untersuchungsmethoden anzuwenden sind als die der exacten Wissenschaften! Und ebenso einleuchtend ist, daß ein gelehrter Professor in dieser „Wissenschaft" ein Genie, ein wahres Wunder sein kann, und dabei in Betreff der höheren Fragen des Geisteslebens eine krasse Ignoranz, um nicht zu sagen Stupidität, bekunden kann — und wäre das doch nur möglich! — 2. Diese anderweitigen Deductionen liegen aber auch oft so nahe und drängen sich dermaßen auf, daß es einer stupiden Selbst-Amputation des Geistes gleichkäme, wenn er sich vor denselben verschließen wollte. Viele Beispiele könnten dafür angeführt werden. Eines liegt in unsrem Gegenstand selbst, und

wir kommen darauf zurück. Aber eines unter andern sollte doch die gelehrten Herrn stutzig machen, weil es gänzlich innerhalb des Gebietes der Naturwissenschaften liegt. Wo ist heute noch ein Physiker oder Chemiker oder überhaupt ein Mann der exacten Wissenschaft, der einen Namen hat, und der nicht von der Existenz der Atome überzeugt wäre! Und doch hat er nie einen directen Nachweis derselben durch das Experiment gesehen und nie durch Calcul die Existenz derselben bewiesen. Ebenso wird die Existenz des Äthers von keinem namhaften Kenner der Naturwissenschaften bezweifelt, und doch hat noch Niemand dieselbe direct nachweisen können. Ist also eine Wahrheit, die ihrer Natur nach in das Gebiet des Materiellen gehört, dennoch außer dem Belang der Erkenntniß-Mittel der exacten Wissenschaften, wie könnte diese Wissenschaft vernünftigerweise prätendiren, für Alles ein maßgebendes Urtheil abgeben zu wollen! In der Wissenschaft selbst reichen die wissenschaftlichen Methoden nicht aus, sondern die Gesetze des Denkens (und gar manchmal ein wenig Hausverstand) müssen weiter helfen, wo jene exacten Methoden versagen. Und das läßt man auch gelten, und mit vollem Recht.

Allein freilich in diesen Fällen handelt es sich um Wahrheiten, welche nicht in das geistige Leben eingreifen. Da darf man schon einmal inconsequent sein. Handelt es sich aber um Wahrheiten eines höheren Gebietes, um gesunde Philosophie oder gar um Religion, da ist es etwas Anderes, da wird jenes thörichte Prinzip mit äußerster Strenge festgehalten. Man ist da nicht zufrieden damit, solche Wahrheiten gänzlich bei Seite zu lassen, sich gar nicht um sie zu kümmern, was doch an sich schon eines vernünftigen Menschen unwürdig ist, sondern da wird auch eine entschieden feindselige Tactik befolgt. Man sagt nicht: „Über diese Sache (z. B. die Schöpfung aus Nichts) weiß die Wissenschaft Nichts"; sondern man sagt: „Die Wissenschaft lehrt, daß das nicht wahr ist", „die Schöpfung aus Nichts ist durch die Wissenschaft längst als ein Aberglaube erwiesen worden", „die Ewigkeit des Stoffes ist eine von den erhabenen Wahrheiten, welche der große Strom der Wissenschaft ans Ufer geworfen hat", und wie die Phrasen alle heißen. Freilich die eigentlichen Männer der Wissenschaft reden nicht so, da für sie die Unwahrheit solcher Behauptungen zu klar auf der Hand liegt; aber die falschen Apostel der Wissenschaft, welche sich selbst den traurigen Beruf gegegeben haben, die Wissenschaft um jeden Preis, auch gegen die innerste Natur derselben, als eine Waffe gegen jede positive Religion

zu verwenden und die etwelchen Kenntniſſe, welche ſie über die Schöpfung beſitzen, vor Allem dazu zu benutzen, um die Exiſtenz eines allgütigen Schöpfers wegzudisputiren, dieſe verkünden friſch weg, daß die Ewigkeit des Stoffes eine wiſſenſchaftlich feſtſtehende Thatſache ſei.

Welche Begründung dieſe Behauptung habe, iſt aus dem Geſagten leicht zu beurtheilen. Aber wie in den meiſten ähnlichen Fällen würde ein klein wenig ruhiges Nachdenken hinreichen, die vermeintliche wiſſenſchaftliche Thatſache über den Haufen zu werfen. Wir werden dafür im Verlauf der Unterſuchung einen rein wiſſenſchaftlichen Beweis bringen. Einſtweilen wird Jedem, der noch auf Denkgeſetze und Metaphyſik etwas hält, auch folgende Überlegung einleuchten: Es kann doch abſolut Nichts exiſtiren, was nicht einen hinreichenden Grund für ſeine Exiſtenz hätte. Wäre aber der Stoff von Ewigkeit, ſo könnte dieſer hinreichende Grund nur in dem Weſen des Stoffes liegen. Nun liegt er aber durchaus nicht in dem Weſen des Stoffes, da dieſer ſeinem Weſen nach gänzlich indifferent iſt zum Exiſtiren oder Nicht-Exiſtiren. Denn man kann offenbar jeden beliebigen Theil der ſtofflichen Exiſtenzen, ja auch allen Stoff, als noch nicht exiſtirend oder auch als wieder ins Nichts zurückverſetzt denken, ohne in dieſem Gedanken den geringſten Widerſpruch gegen die Idee des Stoffes zu begehen. Es iſt alſo evident, daß die Idee und das Weſen des Stoffes die Exiſtenz nicht in ſich begreift. Es bleibt alſo nichts übrig, als daß die Exiſtenz des Stoffes in einem andern höheren Weſen ihren Grund hat, welches, als unendlich vollkommen und ſeinem Weſen nach nothwendig exiſtirend, auch den Grund aller andern Exiſtenzen in ſich ſelbſt hat, und daß ſonach der *Stoff ſeiner Natur nach nur geſchaffen ſein kann.*

Daß die *geoffenbarte Lehre* der chriſtlichen Religion dasſelbe lehrt, bedarf kaum noch einer Andeutung. Wir glauben „an einen Gott . . . Schöpfer Himmels und der Erde . . aller ſichtbaren und unſichtbaren Dinge . . . .“ Ja ſtrenggenommen iſt die Lehre von der Schöpfung aus Nichts *nur* der Offenbarung zu danken. Denn obgleich dieſelbe an ſich der bloßen Vernunft erreichbar iſt, ſo iſt ſie doch nie von einem der alten Philoſophen aufgeſtellt worden. Dies hätte auch nur geſchehen können, ſofern man einigermaßen die richtige Idee von Gott gehabt hätte; denn eine Schöpfung aus Nichts erfordert eine Macht von *unendlicher* Vollkommenheit. Eine ſolche Idee Gottes iſt aber *nur* durch die Offenbarung Gottes ſelbſt ent-

ſtanden, obſchon auch ſie durch die Vernunft allein hätte gewonnen werden können. Erſt nachdem dieſe einer geſunden Philoſophie allein und vollkommen entſprechende Idee Gottes durch die Offenbarung vermittelt und in Aufnahme gekommen war, erſt dann konnte auch die Idee einer Erſchaffung aus Nichts gefaßt und die vollkommene Naturgemäßheit und Nothwendigkeit einer ſolchen Lehre verſtanden werden.

Wir ſehen alſo auch hier, wie in ſo vielen andern Fragen, daß zwiſchen Wiſſenſchaft und Glaube kein Widerſpruch beſteht. Natur und Offenbarung ſtehen ſich nicht feindlich gegenüber. Die Offenbarung vervollſtändigt aber die natürliche Erkenntniß, und wo die Mittel der Wiſſenſchaft verſagen, da kommt oftmals ein Strahl des geoffenbarten Lichtes, um das Fehlende zu ergänzen. Nicht als ob darin eigentlich die Haupt-Aufgabe der Offenbarung läge — das ſei fern. Die Offenbarung hat Ziele von unendlich höherer Wichtigkeit, als darin beſteht, die wiſſenſchaftliche Wißbegierde der Menſchenkinder zu befriedigen. Allein da ſie von Gott ſelbſt herkommt, dem doch Alles klar und offen vorliegt, was uns verſchloſſen und unerreichbar ſcheint, ſo bringt mitunter — um menſchlich zu reden — ſo nebenbei ein Strahl höheren Lichtes durch, welcher dann auch in den Gebieten rein natürlicher Kenntniſſe ein helles Licht verbreitet. Wer ſeinen Geiſt der geoffenbarten Lehre nicht öffnet, der mag das Alles unbegründet oder auch abſurd finden, als „hineingetragenes Zeug" anſehen, weil er den nicht kennt, der die übernatürliche Ordnung in die natürliche eingetragen hat. Es fehlt ihm die Grundbedingung des Verſtändniſſes, die Idee eines unendlich vollkommenen Gottes. Deßhalb kann er es nicht verſtehen, wenn er auch in den exacten Wiſſenſchaften ein Wunder von Gelehrſamkeit und Einſicht wäre. — Wir aber wollen uns freuen, nicht nur daß wir einen gütigen Schöpfer von ſolcher alle Begriffe überſteigenden Macht und Herrlichkeit haben, daß er „das Nichtſeiende ruft wie das Seiende" (Rom. 4. 17), und der allein eigentlich „der Seiende" iſt (Exod. 3. 14), ſondern auch daß dieſe unſere Glaubenslehre eigentlich erſt den Schlüſſel gibt zur allſeitigen und vollen richtigen Anſchauung der Natur, und daß die Wiſſenſchaft ſelbſt in ihrer Weiſe, und auch gegen den Willen ihrer Jünger, dem Schöpfer ihre Huldigung bringen muß, indem ſie bekennt, daß ohne Ihn jedes wiſſenſchaftliche Syſtem in einem oder mehreren weſentlichen Punkten mangelhaft iſt oder ganz verſagt.

Wir haben uns länger aufgehalten bei einer Erörterung, welche

ſonſt in Kosmogonieen gar keinen Platz zu finden pflegt. Nun, wir ſind keine Anbeter des Uſus und der Gepflogenheit, und was Mode zu ſein bleibt, hat für uns nicht eo ipso bindende Kraft. Dieſe Betrachtung gehört zu einer gründlichen Auffaſſung der Kosmogenie. Wird ſie alſo von Andern vernachläſſigt, ſo kann das für uns nur ein Grund ſein, um deſto mehr auf dieſelbe hinzuweiſen. Sie iſt zudem eminent wichtig, ſowohl in ſich, als auch gegenüber den unwiſſenſchaftlichen Raiſonnements, welche in feindlicher und gehäſſiger Weiſe ihr und der Glaubenslehre gegenüber ſich breit machen und aufdrängen, und welche ſowohl der wahren Wiſſenſchaft als auch der religiöſen Überzeugung Vieler zum Schaden gereichen. Deshalb durften wir ſie nicht übergehen.

Wir halten alſo den Ungläubigen gegenüber feſt an dem unerſchütterlichen Prinzip, daß der Urſtoff, aus welchem die Welt gebildet worden, nur durch die unendliche Macht Gottes, nach deſſen freiem Entſchluß, am Anfang aller Zeit, aber nicht von Ewigkeit her, geſchaffen worden iſt.

Allein wir gehen nicht ſo weit, daß wir dann auch in der ſucceſſiven Entwicklung und Ausgeſtaltung der materiellen (unbelebten) Welt immer wieder directe und unmittelbare Eingriffe Gottes ſehen zu müſſen glauben. Wenn Gott in ſeiner unergründlichen Weisheit den Urſtoff, bei aller Formloſigkeit und gänzlichem Mangel an geſtalteten Einzelweſen, doch mit ſolchen Kräften und Tendenzen begabt hat, daß dann das ganze Univerſum, wie wir es jetzt bewundern, ſeinem unorganiſchen Theil nach aus jenem Urſtoff nach rein phyſikaliſchen Geſetzen ſich entwickeln konnte und mußte, dann iſt in dieſer Entwicklung gar nichts enthalten, was der gläubigen Auffaſſung der ſchöpferiſchen Thätigkeit im geringſten zuwider wäre. Im Gegentheil, es iſt dann in der ganzen Entſtehungsgeſchichte der Welt eine bei weitem höhere Weisheit Gottes ausgeprägt und zum Ausdruck gelangt, als wenn bei vielen einzelnen Weltkörpern und bei vielen ſucceſſiven Entwicklungsſtadien immer wieder von Neuem ein unmittelbares Eingreifen und Dirigiren des großen Künſtlers nothwendig geweſen wäre.

So ſehr ſich das von ſelbſt zu verſtehen ſcheint, ſo iſt es doch nothwendig, dies zu betonen gegenüber vielen Gelehrten, welche — um ſo zu ſagen — zu viel Glauben haben. Es gibt deren in der That noch weit mehr als man denken ſollte, die ſofort eine gefährliche Neuerung wittern, wenn man nur von einem urſprünglichen

Gasball redet, aus welchem die Erde sich gebildet habe, oder wenn man den ursprünglich feurig-flüssigen Zustand der Erde oder das noch jetzt feurig-flüssige Innere der Erde zur Sprache bringt. Da ist wohl etwas zu viel Glaube und zu wenig Wissenschaft. Diese Anschauungsweisen stützen sich aber auch weder auf wissenschaftliche Gründe noch auch auf stichhaltige Beweise aus den Lehren des Glaubens. Vielmehr scheinen sie nur aus jener kindlichen Auffassungsweise entstanden zu sein, welche man als Kind von den großen Wahrheiten der Erschaffung und Erhaltung durch Gott sich gebildet hat, als man dieselben vom Katecheten hat vortragen hören. Diese kindlichen Auffassungen, in denen naturgemäß Gott etwas zu menschlich gedacht wird, sind dann mit dem eigentlichen Kern der Glaubenswahrheiten so innig verwebt und verschmolzen worden, daß man nicht mehr sieht, wie sie davon getrennt werden könnten, und deshalb meint, die ganze Glaubenslehre würde zusammenstürzen, wenn jene naive Auffassungsweise derselben als unhaltbar erwiesen würde. Allein sie sollten sich beruhigen, und überzeugt sein, daß dem Glauben gar keine Gefahr von dieser Seite droht, und daß nur Unverständige und wissenschaftliche Marktschreier darin einen Triumph über die christliche Glaubenslehre erblicken können, wenn jene Auffassungsweisen derselben als unrichtig und der Wissenschaft nicht entsprechend nachgewiesen werden.

Gelingt es aber wirklich den Gelehrten, eine solche Theorie aufzustellen, welche zeigt, wie aus einem ursprünglichen, gänzlich formlosen Urstoff diese ganze schöne Weltordnung rein nach physikalischen Gesetzen sich entwickelt haben kann, dann soll man sie nicht anfeinden, sondern ihnen gratuliren. Es ist das sicher ein großes Geistesswerk, auch wenn jene Frage nach dem allerersten Anfang bei Seite gelassen wird.

Es drängen sich nun ganz naturgemäß zwei Fragen auf, welche dann auch den Haupt-Gegenstand unserer Erörterungen ausmachen, nämlich 1. wie gelangen wir auf eine wissenschaftlich begründete sichere Weise zu der Annahme eines solchen formlosen, äußerst verdünnten Urstoffes, aus dem sich Alles gebildet habe? und 2. Auf welche Weise kann aus demselben nach rein physikalischen noch jetzt geltenden Gesetzen das materielle Universum mit allen seinen mannigfachen Gliederungen (jedoch mit Ausschluß der lebenden Wesen) sich gebildet haben?

Die erste Frage ist gleichsam eine Vorfrage für die zweite, welche

den eigentlichen Kern der Kosmogonie enthält und deshalb einer mehr ausführlichen und ins Einzelne gehenden Behandlung bedarf. Aber die Gewißheit der Theorie oder doch der höhere Grad von Wahrscheinlichkeit derselben hängt dennoch vielleicht mehr von jener Frage ab als von dieser.

II. Der Urstoff.

Wie gelangen wir also zu der Annahme eines gleichförmigen höchst subtilen Urstoffes, des sogenanten Urnebels?

Die allgemeine Antwort darauf ist sehr einfach: Diese Annahme drängt sich mit Nothwendigkeit auf, wenn wir den jetzigen Zustand des Universums betrachten, die darin noch jetzt vorgehenden allmählichen Änderungen gut beobachten, und dann an der Hand der uns bekannten Naturgesetze rückwärts schließen, wie der Zustand des Kosmos gewesen sein mag, bevor eine große Reihe früherer ähnlicher Änderungen geschehen war. Dieses Rückwärtsschließen aus späteren Zuständen auf frühere wird anfangs mit voller Sicherheit geschehen können, da es sich um Zustände handelt, welche dem gegenwärtigen ziemlich gleich oder ähnlich waren, und um Änderungen oder auch Katastrophen, wie sie auch in geschichtlichen Zeiten sind beobachtet worden. Wenn wir aber successiv zu Zuständen geführt werden, welche mit dem uns genau bekannten gegenwärtigen Zustand eine immer mehr zunehmende Unähnlichkeit haben, dann werden die Schritte etwas unsicherer und verlangen mehr Umsicht, um nicht auf Abwege zu kommen. Der leitende Faden wird dann nicht mehr durch solche Änderungen und Naturprocesse gebildet, wie sie uns aus Erfahrung bekannt sind, sondern nur noch durch Naturgesetze, welche wir zudem großentheils nur in dem kleinen Maaßstab der Kabinets-Versuche kennen gelernt haben, und die dann auf die Vorgänge im Makro-Kosmos angewendet werden. Ja in weiterer Folge ist auch diese Führung eine unvollständige und muß durch die allgemeineren Gesetze des Denkens unterstützt werden.

Dies ist der einzige Weg, der hier, wie in so vielen andern Untersuchungen, zum Ziele führen kann. Verläßt man diesen Weg und befolgt statt dessen den viel leichteren und bequemeren Weg aprioristischer Speculationen, so kommt man unfehlbar vom Ziele ab. Man gelangt damit nicht zur wahren Erkenntniß der Ereignisse, welche dem jetzigen Zustand der Welt vorausgingen und ihn hervorbrachten, sondern man verliert sich in Träumereien ganz ähnlich so wie etwa ein Geschichtsforscher, der z. B. die Urgeschichte Assyriens nur in Kraft des eignen Nachdenkens construiren wollte, ohne sich um die alten Autoren und die uralten Keilschrift-Dokumente zu kümmern. Wer die Geschichte der Wissenschaften und die zahllosen derartigen Speculationen kennt, wird bekennen müssen, daß dies leider nicht übertrieben ist.

Es ist in dieser Hinsicht in der That gut, daß die Alten es nie auch nur zu einem Anfang einer plausiblen Kosmogonie gebracht haben. Der rechte Weg würde sonst auch hier nicht mehr so unbehindert sein, und größere Schwierigkeiten würde es kosten, bis die Wahrheit sich allgemeine Anerkennung verschafft. Hätte nicht eine alte Theorie der Planetenbewegungen bestanden, oder wäre dieselbe nicht so innig durch die mittelalterliche Philosophie mit andern Wahrheiten verschlungen worden, dann wäre die wahre Lehre schneller durchgedrungen. Der ganze Galilei-Streit wäre unterblieben, und mit ihm die zahllosen Anfeindungen gegen die Kirche von dieser Seite. Auch in der Chemie würde nicht ein so anhaltender Kampf gegen wohlbegründete Theorien geführt werden, wenn nicht die Alten und namentlich Aristoteles seine darauf bezügliche naturphilosophische Speculation aufgestellt und große Gelehrte des Mittelalters dieselbe adoptirt hätten. In unsrem Fall sind glücklicherweise solche Schwierigkeiten nicht vorhanden oder doch nur in weit geringerem Grad.

Um nun aber im Speciellen anzugeben, wie man die angedeutete naturwissenschaftliche Geschichtsforschung nach rückwärts ausführen könne, so kann man von verschiedenen Punkten der gegenwärtigen Weltordnung ausgehen. Das Resultat, welches auf einem der vielen Wege erlangt wird, hat vielleicht für sich betrachtet nur die Bedeutung einer plausiblen Hypothese. Wenn wir aber auf allen Wegen zu einem identischen Resultat gelangen, oder doch zu solchen, welche sehr gut mit einander harmoniren, dann wird der Schluß sehr bedeutend an Sicherheit gewinnen. Kommt dann noch dazu, daß keine andere Theorie gefunden werden kann, welche auch nur

im Entfernteſten die Thatſachen ſo gut erklärt, dann iſt man wohl berechtigt, die Theorie als etwas mehr anzuſehen, denn eine bloße Hypotheſe.

Betrachten wir alſo 1. zunächſt den gegenwärtigen Zuſtand unſrer Erde und den Bau ihrer Kruſte, ſo werden wir zur Kenntniß der vorhiſtoriſchen Formationen geführt, und zwar mit einer großen Sicherheit. Doch dies werden wir hier nicht eingehend verfolgen, da es mehr in das Gebiet der Geogonie und weniger in das der uns hier beſchäftigenden Kosmogonie gehört. Es wird genügen zu bemerken, daß dermalen alle namhaften Geologen in den hiehergehörenden Anſichten einmüthig übereinſtimmen. Werden die geogoniſchen Forſchungen möglichſt weit rückwärts getrieben, ſo gelangt man zu dem Ergebniß, daß die feſte Erdkruſte in der Urzeit bei weitem dünner geweſen ſein muß als gegenwärtig, und daß aus dem Inneren ein feurig flüſſiges Magma ſich ohne Vergleich häufiger und mächtiger über die Oberfläche ergoß als in unſren Zeiten. Dieſe und ſo viele andere Thatſachen, wie z. B. das Zuſammenſchieben und Faltenwerfen der Erdkruſte, leiten zu dem Schluß, daß die Erde ein in fortwährender Abkühlung begriffener Planet iſt. Sie hat alſo vordem eine weit größere Hitze gehabt, und ebendeshalb muß ſie damals noch viel mehr Wärme ausgeſtrahlt haben. Folglich muß ſie in noch früheren Epochen noch viel heißer geweſen ſein. So gelangt man dann nothwendig zu der Annahme, daß ſie früher ganz feurig-flüſſig und ohne Kruſte war. Dies wird dann von anderer Seite unterſtützt und beſtätigt dadurch, daß durch die Abplattung der Erde ganz dieſelbe Annahme poſtulirt wird. Ein noch weiter fortgeſetztes ganz ähnliches Raiſonnement zeigt uns dann aber auch, daß die Erde in einem noch früheren Stadium noch viel mehr Wärme gehabt haben und folglich in gasförmigem Zuſtand, d. h. ein Stück Urnebel geweſen ſein muß.

Nehmen wir 2. zum Ausgangspunkt die Sonne und das was uns die Aſtronomie — hauptſächlich in den beiden letzten Decennien — über dieſe „Königin der Welt“ gelehrt hat, ſo bietet ſich da ein noch kürzerer Weg dar, der aber zum gleichen Reſultat führt. Wir ſehen da einen Himmelskörper, der noch beſtändig eine immenſe Quantität Wärme in den Weltraum ausſtrahlt. Wir erkennen daraus zunächſt — was übrigens auch jedes Bäuerlein weiß — daß derſelbe noch überaus heiß ſein, und daß demgemäß die Dichte der Sonne eine relativ geringe ſein muß. Nicht bloß das wird durch die Wiſ-

ſenſchaft beſtätigt, ſondern auch, daß der Sonnenkörper, wenn nicht ganz, ſo doch bis zu ſehr großen Tiefen im gasförmigen Zuſtand ſich befindet. Wie wäre auch in der That begreiflich, daß die mittlere Dichte der Sonne nur wenig die des Waſſers übertrifft, wenn die große Menge von Dämpfen der verſchiedenſten Metalle, welche die Spectral-Analyſe dort nachweiſt, nicht im gasförmigen, ſondern im flüſſigen Zuſtand ſich befände, und wenn die mächtig ſtrahlende äußere Oberfläche geſchmolzenem Eiſen oder feuerflüſſigen Mineralien angehörte! An dieſe ſo überaus einfache Erwägung ſcheinen die ſehr gelehrten Herrn Spöhrer, Zöllner und Andere nicht gedacht zu haben; ſonſt hätten ſie die Sonne nicht für einen feuerflüſſigen Körper erklärt! Wenn die tiefinneren Schichten nicht mehr aus Gaſen und und Dämpfen beſtehen, ſondern flüſſig ſind — worüber wir abſolut nichts wiſſen können —, dann kann das bei der immenſen Hitze, die man mit gutem Grund auf weit mehr als eine Million Grad ſchätzt, nur von dem ebenſo immenſen Druck der darauf laſtenden äußeren Schichten herrühren, welcher jener Hitze entgegenwirkt und die Dämpfe zu condenſiren ſtrebt. Wir haben alſo da einen — im Vergleich zur Erde — enorm großen Himmelskörper, welcher ſeiner Hauptmaſſe nach noch jetzt ein feuriger Gasball iſt.

Der weitere Schluß aber iſt, daß die Sonne in viel früheren Zeiten weit mehr Hitze enthalten haben, und daß ſie folglich vor ſehr großen Zeiträumen ein ſehr viel größerer Gasball geweſen ſein muß. Dieſe Conſequenz iſt nach den uns bekannten phyſikaliſchen Geſetzen vollſtändig unbeſtreitbar richtig. Dieſelbe Conſequenz beſteht aber auch noch fort, wenn wir folgern, daß der Gasball einmal ſo groß geweſen ſein muß, daß die ganze Erdbahn, ja auch die Bahnen aller übrigen Planeten darin eingeſchloſſen waren, und daß ſomit die einzelnen planetariſchen Gasbälle der Erde ꝛc. urſprünglich Theile des großen Gasballes geweſen ſeien. Dieſer Schluß bietet, wiſſenſchaftlich betrachtet, abſolut von keiner Seite eine Schwierigkeit. Er ſcheint nur paradox dem, der mit den Augen des Alltags-Menſchen alles betrachtet, und meint, es könne nie anders geweſen ſein, als es jetzt iſt.

Von anderer Seite kann die Schlußfolgerung nur durch den Einwand in Frage geſtellt werden, daß Gott ſelbſt die Sonne (und reſp. die Erde) in einem ſolchen Zuſtand geſchaffen haben könne, den wir in unſrem Raiſonnement als eine Übergangsſtufe aus einem früheren Zuſtand zu einem ſpäteren anſehen. In irgend einem beſtimmten

Zuſtand mußte ja doch Gott die verſchiedenen Weltkörper erſchaffen, und das könnte ja der geweſen ſein, von dem wir noch weiter rückwärts ſchließen. — Das iſt allerdings richtig, und Gott könnte es ohne Zweifel ſo gemacht haben. Allein wenn wir ein ſolches unmittelbares Eingreifen Gottes annehmen, dann hört eben jedes kosmogoniſche Studium auf. Es ſcheint aber auch der Weisheit Gottes kaum zu entſprechen, daß er den Weltſtoff in einem ſolchen Zuſtand der Entwicklung geſchaffen habe, welcher ganz naturgemäß und nach bekannten phyſikaliſchen Geſetzen aus einem früheren, einfacheren und unvollkommneren Zuſtand entſtehen konnte. Andernfalls könnte man mit ziemlich gleichem Recht dieſelben Einwedung auch in der Geogonie erheben und ſagen: Gott ſelbſt hat all die ſedimentären Schichten und ihre Rupturen und Faltenwürfe, ſo wie ſie ſind, ſchon bei der Erſchaffung der Erde mitgebildet; auch hat er dieſen immenſen Vorrath von Stein- und Braunkohlen ſo geſchaffen wie wir ſie finden, und man kann daraus nicht ſchließen, daß ſie Verkohlungsproducte von früheren gigantiſchen Floren ſeien; ja auch die darin vorkommenden verkohlten Baumſtämme mit deutlich ſichtbarer Holzſtructur ſind gerade ſo erſchaffen worden; auch hat Gott die unzählige Menge von Skeletten und Thier-Ueberreſten incluſive Koprolithen, welche in den Schichten ſich finden, ſo geſchaffen; die zierlichen Ameiſen, welche im Bernſtein eingeſchloſſen gefunden werden, wurden ſo geſchaffen, ohne daß ſie je gelebt hätten, oder der Bernſtein aus einer ausgeſtorbenen Species von Coniferen ausgefloſſen wäre. Wohl, möglich wäre das Alles, an der Macht des Schöpfers kann kein vernünftiger Menſch zweifeln. Aber wer in aller Welt wird ſo etwas in Ernſt als nur entfernt wahrſcheinlich anſehen?! Ebenſo ſoll man alſo conſequent auch in unſerem Fall urtheilen.

Man kann 3. auch ausgehen von der Betrachtung des ganzen Planetenſyſtems. Dann werden wir jedoch in unſren Schlußfolgerungen nicht mehr ſo ausgiebig durch die Erfahrung bereits beobachteter ähnlicher Vorgänge unterſtützt, ſondern es müſſen mehr allgemeine Geſetze zu Hülfe genommen werden. Das Reſultat aber iſt das gleiche, und die Sicherheit, mit welcher wir auf dasſelbe geführt werden, iſt noch größer.

Wir ſehen in unſrem Syſtem vor Allem eine große Menge von Planeten um die Sonne laufen, in Bahnen, welche einem Kreis ſehr nahe kommen und im Allgemeinen deſto weniger von einem ſolchen abweichen, je größer der Planet iſt. Jedermann weiß, daß zu einer ſol-

chen „Centralbewegung" zwei Kräfte nothwendig sind, eine sogen. Centripetalkraft, welche den Planeten beständig gegen die Sonne hinzieht, und eine „Tangentialkraft", welche ihm ein für allemal eine Bewegung in der Richtung der Tangente verlieh. In früheren Zeiten waren diese beiden Kräfte unbekannt; und deshalb konnte man sich absolut nicht erklären, weshalb die Planeten nicht in der Richtung der Tangente weitergehend sich von der Sonne entfernten, und ebenso die Sterne und der ganze Himmel in der vermeintlichen täglichen Bewegung. Darin mag wohl der Grund zu suchen sein, der die Alten bestimmte, feste Himmel aus sehr solidem aber durchsichtigem Material (Krystall-Himmel) anzunehmen, und zwar für jeden Planeten und die Sterne einen besonderen, da ja die Bewegungen von einander unabhängig sind.

Erst durch Newton wurde das Räthsel zum Theil gelöst. Er fand, daß jenes Band, welches den Mond in seiner Bahn um die Erde zurückhält, eine wirkliche physikalische Kraft ist, nämlich die Schwerkraft der Erde selbst, mit welcher wir ja schon von der frühesten Jugend an durch vielfaches Fallen und fallen Sehen sehr vertraut sind. A pari ist die Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, dieselbe Kraft der allgemeinen Schwere, welche aber von der Sonne ausgeht. Damit war die eine Schwierigkeit gelöst, und die Hypothese der durchsichtigen festen hohlen Himmelskugeln für immer abgethan.

Allein die andere Kraft war noch nicht erklärt. Wer gab den Planeten jenen anfänglichen Stoß, welcher sie in der Richtung ihrer Bahn vorwärts trieb? Kein bekanntes Naturgesetz gab darüber Aufschluß. Ja es war auch gar keines denkbar, welches vor undenklichen Zeiten einmal eine solche Stoßkraft bewirkt hätte, um dann wieder vollständig außer Wirksamkeit zu treten. Newton selbst konnte darüber in physikalischen Vorgängen keine Erklärung finden, und er blieb deshalb bei der Annahme stehen, daß Gott selbst diesen anfänglichen Bewegungs-Impuls ertheilt habe.

Es findet aber bei allen diesen Bewegungen ein eigenthümlicher Umstand statt, welcher bei der Frage nach der Ursache jedenfalls von größter Wichtigkeit ist. Alle gehen nämlich in der gleichen Richtung von West gegen Ost vor sich, ohne daß auch nur eine Ausnahme vorhanden wäre. Und auch die Ebenen dieser Bahnen fallen sehr nahe mit einer einzigen Ebene zusammen; nur einige kleinere Planeten entfernen sich von derselben etwas weiter. Sollen wir nun annehmen,

daß Gott jedem einzelnen dieſer vielen hundert Körper (bis jetzt kennen wir über 250, und jedes Jahr bringt 6 bis 10 neue) einen eigenen Impuls ertheilt habe, und zwar gerade in der Richtung und mit der Intenſität — aber auch mit jenen zufälligen Abweichungen — daß alle Bahnen nahe kreisförmig wurden und nahezu in derſelben Ebene erfolgten? Wenn ſich abſolut keine andere Erklärung finden ließe, müßten allerdings auch wir — wie der große Newton — bei der Annahme ſtehen bleiben. Indeß wird Niemand behaupten, daß es der unendlichen Weisheit Gottes, die wir in der Natur ſonſt bewundern, entſprechend ſei, daß Er ſo viele Mal einzelne Impulſe zur Bewegung ertheile, als einzelne Individuen ſich bewegen ſollen.

Allein *können* wir denn noch weiter zurückgehen, und die Bewegungen der Planeten aus einer angebbaren rein phyſikaliſchen Urſache herleiten? Wohl geht das. Es wäre nur dann unmöglich, wenn der Raum zwiſchen den Planeten und der Sonne immer ein ſolcher geweſen wäre wie jetzt, d. h. leer von allem Stoff; denn dann wäre Nichts da, was den Planeten ihre Bewegung hätte mittheilen können. Wäre aber die Sonnenmaſſe nicht wie jetzt auf einen relativ kleinen Raum concentrirt, ſondern in Geſtalt einer großen Nebelmaſſe noch in dem ganzen Raum des Planetenſyſtem's vertheilt, und hätte dieſe Maſſe eine Rotation um eine Axe, dann wäre nichts leichter einzuſehen, als daß auch alle Planeten dieſe Bewegung um angenähert dieſelbe Axe mitmachen würden, und daß ſie dann auch in derſelben verharren müßten, nachdem jene Maſſen aus den intraplanetaren Räumen ſich auf die Sonne präcipitirt hätten.

Wir werden alſo auch hier wieder auf dieſelbe Annahme mit Nothwendigkeit geführt, daß das ganze Sonnenſyſtem urſprünglich im Zuſtand eines dünnen Nebels ſich befunden habe.

Dies wird bekräftigt eben durch jene merkwürdige Übereinſtimmung in der Richtung der Bewegung und Lage der Bahnen. Kant iſt gerade durch dieſen Umſtand auf die Annahme eines Urnebels geleitet worden; und Laplace hat nur dieſem Beweis eine einigermaßen mathematiſche Form gegeben, die wir nach dem heutigen Stand unſrer Kenntniſſe allenfalls ſo faſſen könnten. Wenn außer der Erde nur noch ein einziger Planet um die Sonne kreiſen würde, und deſſen Bewegung wäre vollſtändig unabhängig von jener Kraft, welche die Bewegung der Erde bewirkte, dann wären für die Bahn jenes Planeten alle Lagen denkbar und gleich wahrſcheinlich, welche mit der Erdbahn einen Winkel von 0° bis 180° bilden. Die Wahrſcheinlichkeit, daß dieſe Lage mit der

Erdbahn bis auf 18° übereinstimmte, ist deshalb = 1 : 10, d. h. man könnte vernünftigerweise 9 gegen 1 wetten, daß es nicht so sein werde.

Kommt noch ein zweiter Planet dazu, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß beide Planeten mit der Erdbahn in angegebener Weise übereinstimmen, = 1 : 100 (1 : 10^2); für drei Planeten = 1 : 10^3; und man könnte 99 und resp. 999 gegen 1 wetten, daß eine solche Übereinstimmung durch einen Zufall nicht statt finden werde. Nun haben wir außer der Erde noch 250 Planeten und alle stimmen im Durchschnitt noch weit genauer als auf 18° mit der Erdbahn überein. Es ergibt sich also nach den Gesetzen der mathematischen Wahrscheinlichkeit, daß die Annahme, dies sei durch Zufall geschehen, nur eine Wahrscheinlichkeit = 1 : 10^{250} habe; man könnte vernünftiger Weise nicht blos 1 Million gegen 1 wetten, daß dies nicht dem Zufall sondern einer gemeinsamen Ursache zuzuschreiben sei, sondern 1 Million auf der 41. oder 42. Potenz. Diese Zahl ist aber eine über alle Vorstellung große. Wenn der ganze Erdball aus feinen Sandkörnern bestehen würde, wäre deren Zahl verschwindend klein gegen jene Zahl. Nehmen wir an, die entferntesten Fixsterne seien so weit von uns, daß das Licht 1 Million Jahre brauchte, um zu uns zu gelangen, denken wir dann diesen ganzen Weltraum ringsum voll von feinen Sandkörnlein, dann müßte diese ganze Menge von Sand soviel mal genommen werden, als sie selbst Sandkörnlein enthält, und danach das Ganze nochmals mit derselben Zahl multiplicirt werden; und dennoch hätten wir damit erst etwa den quadrillionsten Theil von jener Zahl erreicht.

Diese Zahl ist also so immens, und die Wahrscheinlichkeit welche durch sie bezeichnet wird, so groß, daß von allen unsren Überzeugungen — ausgenommen diejenigen, welche eine innere oder äußere Evidenz besitzen — vielleicht nicht eine ist, welche einen eben solchen Grad von Zuverlässigkeit besäße. Und dennoch sind das Überzeugungen, von welchen wir ohne Bedenken unser Leben abhängen lassen würden. Nun dann müssen wir also auch vernünftigerweise jeden Zweifel daran aufgeben, daß jene Übereinstimmung der Bewegungen auf einer Gemeinsamkeit der Bewegungs-Ursache beruht. Es läßt sich nun aber absolut keine andere Ursache von solcher Beschaffenheit denken, daß sie die erwähnten Erscheinungen im Planetensystem hervorbringen könnte, und noch nie ist eine andere angegeben worden als die bereits genannte, daß der ganze Raum des Sonnensystem's ur-

ſprünglich voll von einem feinvertheilten Stoff war, welcher rotirte und ſomit auch allen in ihm und aus ihm entſtehenden Planeten eine Bewegung in gemeinſamem Sinn um das Centrum ertheilte. Durch dieſe Annahme wird das Räthſel in denkbar einfachſter Weiſe und vollkommen gelöst, und eine andere Löſung gibt es nicht.

Wir können endlich 4. auch noch unſre Kenntniſſe über den Fixſternhimmel zu Rathe ziehen, um zu ſehen, ob von da aus ein Schluß über die Zuläſſigkeit unſrer Annahme ſich ergebe. Wir wiſſen freilich über die Fixſterne nicht viel und jedenfalls weit weniger als über die unſrem Sonnenſyſtem angehörigen Körper, und deshalb dürfte eine Schlußfolgerung in unſrer Frage etwas unſicher ausfallen. Allein es bedarf einer ſolchen auch nicht. In jenen fernen Tiefen des Sternhimmels können wir direct ſehen was wir ſuchen. Dort ſtehen noch wirklich in großer Anzahl ſolche Nebelbälle, wie nach unſrer Annahme unſer Sonnenſyſtem früher einer geweſen iſt. Viele derſelben ſcheinen rund, die Mehrzahl aber elliptiſch, was auf eine abgeplattete Form ſchließen läßt, ganz wie ſie in unſrer Theorie angenommen werden muß. Auch die Größe ſtimmt vollkommen überein, ſoweit dieſelbe aus einer rationellen Schätzung der Entfernung abgeleitet werden kann. Es ſcheint ſogar, daß die Mehrzahl dieſer Nebelflecke noch bedeutend größer iſt, als für unſeren Nebelball nothwendig angenommen werden müßte. Was iſt da natürlicher als die Annahme, daß vor Millionen oder Milliarden von Jahren unſer Sonnenſyſtem in demſelben embryonalen Zuſtand der Entwicklung ſich befunden habe, welche jene fernen Syſteme gegenwärtig noch durchmachen.

Weder Kant noch Laplace haben die Exiſtenz der Nebelflecke verwerthet, um ihre kosmogoniſche Theorie damit zu ſtützen. Dies konnte auch füglich nicht geſchehen, denn zu Kant's Zeiten war von Nebelflecken noch äußerſt wenig bekannt. Laplace aber war mit den damals tonangebenden Aſtronomen der Anſicht, daß alle Nebelflecken eigentlich Sternhaufen ſeien, welche uns nur deshalb als Nebel erſchienen, weil unſre Fernrohre zu ſchwach ſeien, um ſie in einzelne Sternchen aufzulöſen. Dieſe Meinung iſt jetzt durch das Spectroſkop endgiltig beſeitigt, und es iſt jetzt über jeden Zweifel ſicher, daß ſehr viele Nebelflecke wirkliche Nebel d. h. in gasförmigem Zuſtand befindliche Maſſen ſind.

Auch die Gründe, welche wir aus der Beſchaffenheit der Erde und der Sonne entnehmen, ſind von Kant und Laplace nicht berührt

worden. Damals waren nämlich die Geſetze der Wärme, welche die mechaniſche Theorie der Wärme in ſich enthielt, noch nicht bekannt, welche wir im Folgenden des Näheren betrachten werden.

Beide Forſcher begnügten ſich vielmehr mit der Schlußfolgerung, welche aus der Betrachtung des Planetenſyſtems ſich ergiebt. Nur war damals die Zahl der bekannten Planeten weit kleiner, als jetzt, und ſomit die nachweisbare Wahrſcheinlichkeit der Schlußfolgerung eine geringere. Dagegen nimmt Laplace auch noch die Bewegung der Satelliten um die Hauptplaneten, und dieſer um ihre Axen zu Hilfe. Wir haben das nicht nöthig. Es gibt da vielmehr noch eine anſehnliche Schwierigkeit, deren Beſeitigung die gegenwärtige Frage unnöthigerweiſe complicieren würde. Wir kommen ſpäter auf dieſelbe zurück.

Nun fehlt aber noch ein großer Schritt, nämlich die Ausdehnung der Theorie von unſrem Sonnenſyſtem auf das Univerſum. Laplace hat denſelben nicht gethan, und iſt beim Sonnenſyſtem ſtehen geblieben. Kant aber iſt weiter gegangen und hat die Anſicht aufgeſtellt, daß auch das ganze Univerſum urſprünglich eine unermeßlich große zuſammenhängende Gasmaſſe geweſen ſei, aus welcher dann ſowohl unſer Sonnenſyſtem als auch die Fixſterne mit ihrem muthmaßlichen Cortege von Planeten als kleinere Gasmaſſen durch Verdichtung ſich abgeſondert haben. Doch gab Kant keine Begründung dieſer Annahme, ſondern begnügte ſich, dieſelbe als plauſibel darzuſtellen.

Man kann nun aber doch auch für dieſe Ausdehnung der Theorie einen einigermaßen ſtichhaltigen Nachweis beibringen. Wir finden nämlich in unſrem Sonnenſyſtem Eigenthümlichkeiten und müſſen an dem urſprünglichen Gasball Eigenſchaften annehmen, welche unerklärbar wären, wenn dieſe Nebelmaſſe ganz iſolirt ſtets für ſich beſtanden hätte. Es muß nämlich nothwendig eine Rotation jenes Gasballes angenommen werden, und die Bewegung der Planeten weicht ſehr vielfach in ihrer Bahn ſowie in der Bahn ihrer Satelliten und Äquatore von der Ebene des Sonnenäquators ab. Dieſe beiden Umſtände ſind aber durchaus unerklärbar, wenn nicht angenommen wird, daß in den anfänglichen Zeiten aus den interſtellaren Räumen unzählige Gasmaſſen in unſer Syſtem hineingeſtürzt ſeien, theils um die Rotation des Ganzen zu bewirken, theils um die vorhandenen Bewegungen zu alteriren. Es iſt ſonach vollkommen wahrſcheinlich, daß dieſe Räume bis zu den fernſten Sternen urſprünglich ebenfalls mit

dem feinſten Urnebel angefüllt waren, und die dort durch locale Condenſationen entſtandenen einzelnen Gasbälle mit den benachbarten großen Maſſen der zukünftigen Sonnenſyſteme ſich vereinigt haben. Ein ſehr ſchwaches Nachſpiel dieſer urſprünglich überaus großartigen Vorgänge ſehen wir noch jetzt in den Kometen. Somit können auch dieſe einigermaßen dazu dienen, die Theorie noch mehr zu bekräftigen.

Wenn wir auf die Ausführungen von Kant und Laplace öfters zurückkommen, ſo iſt dies ſehr natürlich, da ja die ganze Theorie in der Hauptſache ihr Werk iſt und nach ihnen auch genannt wird. Doch wäre es nicht zweckmäßig, wenn wir die Theorie einfach ſo durchführen wollten, wie ſie von dieſen großen Denkern iſt aufgeſtellt worden. Beide haben vielmehr darin noch Manches ſehr dunkel und lückenhaft gelaſſen, ja auch Unrichtigkeiten begangen. Dies iſt ſo wahr, daß gegenwärtig wieder manche Gelehrte (u. A. Faye) behaupten, die Laplace'ſche Theorie ſei nicht mehr haltbar, vielmehr durch Facta widerlegt, und müſſe durch eine neue erſetzt werden. So ſagt ein Anpreiſer einer ſolchen neuen Theorie: „il faut remplir le vide laissé par l'enfondrement de l'hypothèse de Laplace“. Das ſind Übertreibungen. Der Kern der Theorie iſt richtig, und nur in nebenſächlichen Theilen bedarf ſie einiger Abänderungen. Auch den größten Denkern iſt es nicht gegeben, ſogleich etwas Vollkommenes zu ſchaffen, ſondern erſt allmählich und ſchrittweiſe ergibt ſich die Vollendung und innere Durchbildung der Theorien, welche ein Genie durch eine einfache Intuition aufgefunden hatte.

Auch verdient bemerkt zu werden, daß eigentlich weder Kant noch Laplace zweifelloſe Prioritätsrechte betreffs dieſer Theorien haben. Vielmehr geſteht Kant ſelbſt, daß er ſeine Ideen großentheils dem Werke: Theorie of the Universe, London 1750, eines Engländers Wright aus Durham entnommen habe, oder doch durch dasſelbe zu jenen iſt angeregt worden.

III. Entſtehung der Sonnen.

Wir können es ſonach als eine wiſſenſchaftlich ſehr wohl begründete Theorie anſehen, daß das ganze Univerſum mit ſeinen ungezählten Sonnen urſprünglich eine einzige dünne Gasmaſſe war. Damit

kommen wir dann zu der zweiten Hauptfrage: Kann aus einem ſo abſolut ungeſtalteten faſt aller körperlichen Eigenſchaften entbehrenden Gas, welches mindeſtens mehrere Trillionen-mal dünner geweſen ſein muß als unſere Atmoſphäre, — kann ſich daraus dieſes ſchöne herrliche Licht und Wärme ſtrahlende Weltgebäude nach rein phyſikaliſchen Geſetzen gebildet haben? Und wie haben wir uns dieſe weltbildenden Vorgänge zu denken? Dies iſt die eigentliche Hauptfrage und der Kern der Kosmogonie.

Denken wir uns einmal mit einem kühnen Flug der Phantaſie, wir wären dieſem unermeßlichen Gasball gegenwärtig geweſen, hätten wir wohl vorausſagen können, was aus demſelben ſich herausbilden würde? Der hl. Thomas ſpricht einigemal die Anſicht aus, daß Gott die geſchaffenen Dinge zuerſt in gewiſſen Keimen („in rationibus seminalibus") hervorbrachte. Und er ſowohl wie auch der hl. Auguſtin ſind der Anſicht, daß es den Engeln ein ſchönes Schauſpiel und ein Anlaß zur Bewunderung der Weisheit des Schöpfers war, da ſie betrachteten, wie aus den Keimen die vollendeten Geſchöpfe ſich herausbildeten. Der hl. Auguſtin iſt ſogar der Meinung, daß man nach den verſchiedenen Stufen der Erkenntniß, welche die Engel über die Werke Gottes hatten und welche bei den verſchiedenen Ordnungen der Schöpfung ſich wiederholten, das bibliſche „Abend" und „Morgen" interpretiren könne. In der That werden wohl die heil. Engel zuerſt durch Nachſinnen erkannt haben, was wohl aus dieſen Keimen ſich entwickeln werde. Später aber konnten ſie auch die fertig entwickelten Geſchöpfe in ihrer Vollendung wahrnehmen, mit ſo vielen Schönheiten ausgeſtattet, deren manche ſie wohl auch mit ihrem engliſchen Verſtand nicht im Voraus vermuthet haben werden. Jene erſte unvollkommene Erkenntniß kann man alſo wohl als eine „abendliche" bezeichnen, während die ſpätere eine tiefere und klarere war, als ob eine ſtrahlende Morgenſonne die Dinge erleuchtet hätte. Wenn nun auch die bibliſchen Worte nicht gerade ſo zu erklären ſind, ſo wird doch die Sache ſelbſt in ſich wohl der Wahrheit entſprechen.

Würden aber wir Menſchen wohl aus der Betrachtung jenes geſchaffenen Urnebels eine Erkenntniß der daraus zu entwickelnden Welt geſchöpft haben? Wir hätten es wohl ſchwerlich zu einer „abendlichen" Erkenntniß gebracht. Der unendlich dünne Stoff wäre uns wie ein Nichts erſchienen, da wir ihn mit keinem unſrer Sinne hätten wahrnehmen können, und Alles hätten wir in abſolute Finſterniß gehüllt gefunden. Unſere Erkenntniß der künftigen Dinge würde wohl

auch eine vollständig „nächtliche“ gewesen sein, und Nichts würden wir von all' den im Keim schlummernden Herrlichkeiten vorausgesehen haben.

Jetzt, nachdem die Schöpfung in ihrer Vollendung vor unsern Augen steht, ist freilich die Sprache der Menschen eine andere, und die vermeintliche Sicherheit ihrer Erkenntniß geht weit selbst über die Morgen- und Tages-Erkenntniß der Engel hinaus. Jetzt sagt man mit großer Zuversicht: Das mußte Alles so kommen; es konnte absolut nicht anders werden, und nach ewigen naturnothwendigen Gesetzen mußte Alles sich so entwickeln.

Das ist die Sprache leichtfertiger Geister, und bekundet den Charakter der Leute, welche schnell damit fertig sind, Etwas als absolut gewiß hinzustellen, wenn es aus irgend einem — oft sehr subjectiven und psychologischen — Grund ihrem Ideenkreis sympathisch ist, während sie andern weit besser begründeten Wahrheiten gegenüber eben so schnell sich zum absoluten hartnäckigen Wegleugnen entschließen.

Indeß es liegt doch immerhin einige Wahrheit in jenen Behauptungen. Nachdem nämlich Gott den Urstoff geschaffen und demselben auch gewisse Kräfte und Bewegungen mitgetheilt hatte, wie er sie zum Zweck der Ausbildung der Welt als die allein geeigneten erkannte, ja dann allerdings mußte die Entwicklung so erfolgen, wie sie geschehen ist; aber auch nur dann. Mußte denn aber Gott gerade diese Kräfte und Eigenschaften dem Urstoff mittheilen? oder gerade diese Gesetze für deren Wirksamkeit festsetzen? oder könnte Jemand behaupten, dieselben seien dem Stoff wesentlich nothwendig? Es ist im Grunde lächerlich, wenn so etwas behauptet wird, und noch lächerlicher, wenn es im Namen der Wissenschaft geschieht. Nachdem diese Kräfte und Eigenschaften des Stoffes da sind und von uns nach Belieben untersucht werden können, verstehen wir von denselben eigentlich Nichts; und die ganze Erkenntniß, welche wir haben, erstreckt sich auf einige Gesetze, d. h. auf gewisse Regeln, welche jene Kräfte in ihrer Thätigkeit zu befolgen pflegen, und auch diese sind meistens nur als approximate richtig oder innerhalb enger Grenzen veränderlicher Umstände giltig festgestellt; aber ihr Wesen ist uns gänzlich unbekannt, ja durchaus unfaßbar. Und ein Mann der Wissenschaft, dem das alles bekannt sein muß, der sollte die Stirn haben zu sagen: „Wir Hüter der Wissenschaft erkennen mit wissenschaftlicher Evidenz, daß jene Kräfte durchaus nothwendig so bestehen müssen, wie sie wirklich bestehen, und daß eine andere Einrichtung des Stoffes und seiner

Grundkräfte absolut undenkbar und dem Wesen der Dinge zuwider sein würde."?! Würde man sagen: „Wir haben den Stoff, den wir einmal in dieser Welt vorfinden, nie anders als mit diesen Kräften und nach diesen Gesetzen wirkend beobachten können", dann würde man Alles gesagt haben, wozu man in dieser Richtung durch die Wissenschaft berechtigt ist.

Doch kommen wir nun zur Sache selbst. Es ist zunächst klar, daß wir die kosmogonischen Entwicklungen nur solchen Kräften zuschreiben dürfen, welche dem Stoff wirklich eigen sind. Wir dürfen nicht Kräfte und Fähigkeiten gerade ad hoc erdenken und hypothetisch dem Stoff zuschreiben, sondern es müssen Kräfte sein, welche auch noch gegenwärtig und ohne allen Zweifel als dem Stoff unabänderlich inhärent erkannt werden.

Solche Kräfte finden wir aber nur zwei, die für unsre Frage von besonderer Bedeutung sind. Die wichtigste derselben, wie überhaupt die wichtigste Naturkraft, ist die Gravitation oder allgemeine Schwere, vermöge welcher alle Theilchen des Stoffes bis zu den allerkleinsten Ur-Atomen auf alle übrigen Theilchen eine Anziehung ausüben. Das innerste Wesen dieser Kraft ist uns so unbegreiflich, wie die allererste Schöpfung, welche dem göttlichen „Fiat," „Es werde" folgte. Die Gelehrten zerbrechen sich schier den Kopf, um das „Geheimniß der Schwerkraft," die „Mechanik der Gravitation" zu finden. Aber noch nicht bis zu einer plausiblen Hypothese darüber hat man es gebracht, welche nicht unübersteiglichen Schwierigkeiten gegenüber sofort in ihr Nichts zusammenbräche. Doch das hindert uns nicht, diese Kraft als gegeben anzusehen. Wir wissen aus unzähligen Beobachtungen, daß diese Kraft existirt, und dem Stoff natürlicherweise unzertrennbar eigen ist. Wir kennen auch das Gesetz, nach welchem dieselbe wirkt. Das genügt uns für unseren Zweck.

Die zweite Kraft ist die der gegenseitigen Abstoßung der materiellen Theilchen. Diese Kraft ist ihrem Wesen nach ebenso unergründlich; ja es scheint fast, als ob darin ein Widerspruch mit der Gravitation enthalten sei. Ein solcher Widerspruch kann indeß nicht vorhanden sein, weil es unzweifelhaft feststeht, daß diese abstoßende Kraft existirt. Man hat auch einige annehmbare Theorien aufgestellt, um zu zeigen, wie diese beiden Kräfte nebeneinander bestehen können, ohne daß ein Widerspruch darin zu finden sei. Vielleicht die beste ist die Dynamiden-Theorie, nach welcher jedes Massen-Atom von einer Hülle von Äther-Atomen umgeben ist, und die Anziehung dem Massen-

Atom, die Abſtoßung aber den Äther-Atomen eigen iſt. Dies iſt eine plauſible Hypotheſe; allein ſie erklärt mit Nichten das Weſen der Kraft, da ſie ja nur Abſtoßung mit Abſtoßung erklärt. Wie aber die Äther-Atome die ihnen ähnlichen Äther-Atome abſtoßen, die Maſſen-Atome aber anziehen können, und zwar beides in distans, dafür gibt es auch nicht einen Schein von Erklärung. Nun, die Ergründung dieſer Frage gehört nicht hierher, und ſie hat auch gar keinen Einfluß auf unſre kosmogoniſche Theorie. Die Phyſik lehrt, daß dieſe Kraft beſteht, und hat auch das Geſetz, nach welchem dieſelbe wirkt, einigermaßen ermittelt. Ferner weist ſie auch nach, daß dieſe Kraft einen innigen Zuſammenhang mit der Wärme hat. Je mehr Wärme ein Gas (oder ein Körper überhaupt) hat, deſto mehr iſt dasſelbe expanſiv, und die einzelnen Theilchen ſtoßen ſich ſtärker gegenſeitig ab. Wird umgekehrt ein Gas comprimirt, ſo wird die Wärme erhöht. Doch dieſer Wärme-Überſchuß verliert ſich allmählich durch Ausſtrahlung oder Leitung, und nach dieſem Verluſt iſt dann die Expanſiv-Kraft geringer als vorher. Die Wärme iſt alſo, wenn auch nicht die eigentliche Urſache der abſtoßenden Kraft, ſo doch ein Agens, durch deſſen Zunahme auch jene Kraft erhöht wird.

Die anziehende Kraft oder Gravitation iſt dagegen vollſtändig unabhängig von dem Wärme-Zuſtand des Stoffes, und iſt unter allen Umſtänden einfach der Maſſe desſelben proportional. Nebſtdem beſteht noch der weſentliche Unterſchied zwiſchen den beiden Kräften, daß die Gravitation bis in die allergrößten Diſtanzen noch wirkſam iſt, nur verringert im umgekehrten quadratiſchen Verhältniß der Diſtanz. Die abſtoßende Kraft dagegen iſt nur auf verhältnißmäßig kleine Entfernungen wirkſam, weshalb ſie auch wohl zu den „Molecularkräften“ gezählt wird. Dafür iſt ſie aber auch in den allerkleinſten Diſtanzen ſtärker als jede andere Naturkraft.

Es gibt nun wohl noch andere Naturkräfte wie z. B. die chemiſchen Kräfte, die Cohäſions-Kraft ꝛc. Doch dieſelben haben für kosmogoniſche Fragen kaum eine Bedeutung, da ſie erſt zur Wirkſamkeit kommen konnten, nachdem die Weltkörper ſchon ziemlich fertig geſtellt waren. Auch die Elektricität ſcheint ohne namhaften Einfluß auf jene Vorgänge geweſen zu ſein. Man wird wohl auch noch einmal dahin kommen, dieſe Kräfte auf jene beiden zurückzuführen, ja vielleicht wären im Grund alle Kräfte auf Bewegungs-Zuſtände (fortſchreitende, ſchwingende, rotirende Bewegung) der Maſſen- oder Äther-Atome oder Maſſen-Molekeln zurückführbar. Derartige große

Fortſchritte der Theorie ſtehen jedenfalls noch in weiter Ferne. Eventuell werden wir nicht verfehlen, ſeiner Zeit darüber zu berichten. Einſtweilen können wir bei der Betrachtung jener zwei Kräfte des Urſtoffes ſtehen bleiben.

Es hängt nun offenbar von dem gegenſeitigen Verhältniß dieſer beiden ſich entgegenwirkenden Kräfte, reſp. von dem Überwiegen der einen über die andere, ab, welche Änderungen in der Maſſe vorgehen werden. Die Repulſivkräfte können aus ſich nicht zu einem Übergewicht gelangen, weil dieſelben bei einem etwelchen Auseinandergehen der Theilchen ſchneller abnehmen als die Attractivkräfte. Dieſe dagegen würden ebenfalls ein Übergewicht nicht bekommen können, weil, wenn ſie irgendwo überwiegen, und die Maſſen-Atome ſich nähern, eo ipso die Repulſivkräfte ſtärker zunehmen als die Attractivkräfte. Es würde alſo ſcheinen, daß beide in einem *ſtabilen Gleichgewicht* geweſen ſeien, wodurch dann jede Änderung des Stoffes auf alle Zeiten ausgeſchloſſen geweſen wäre.

Doch dem iſt nicht ſo. Wenn die irgendwo überwiegenden Attractivkräfte die Theilchen einander etwas näher bringen, dann nimmt allerdings die Repulſivkraft in einem ſtärkeren Verhältniß zu als die Attractivkraft. Allein der Überſchuß derſelben kann in Form von Wärme fortgehen, und dann hört die Repulſivkraft auf ſtärker zu ſein. Wir ſehen alſo, daß das Gleichgewicht jener beiden Urkräfte, bei aller ſonſtigen Stabilität, doch von einer gewiſſen Seite betrachtet eine gewiſſe Indifferenz, ja Labilität zeigt, inſofern die Gravitation eine Annäherung der Theilchen bewirken kann, ohne daß eine entgegenwirkende Kraft den vorherigen Zuſtand vollſtändig wieder herſtellen würde. Eine ſolche Annäherung der Theilchen, d. h. eine Verdichtung des Stoffes iſt ſomit auch zunächſt die einzig mögliche Änderung, welche in dem Urſtoff vor ſich gehen konnte. Aber auch dieſe konnte nur mit einer äußerſten Langſamkeit ſich vollziehen, theils weil die Kräfte wegen der äußerſten Dünnheit des Stoffes überaus ſchwach waren, theils weil die Theilchen nach allen Seiten ſymmetriſch von andern umgeben waren, und ſomit die Kräfte welche nach der einen Seite hin zogen, bereits durch Kräfte *derſelben Art*, welche nach der andern Seite wirkten, nahezu aufgehoben wurden.

Dennoch mußte allmählich eine ſolche Änderung eintreten. Denn wenigſtens an der äußerſten Grenze der Gasmaſſe fehlte die ſymmetriſche Lage der Theilchen, und eine Anziehung gegen Außen fand nicht ſtatt. Deshalb konnten die Theilchen dem Zug der Anziehung

gegen innen folgen; und nachdem einmal ein Anfang irgendwo gemacht, und das urſprüngliche Gleichgewicht geſtört war, mußten die Zuſtands-Änderungen auch auf andere Strecken ſich ausdehnen. Aber auch im Innern fanden ſicher zahlreiche derartige Verdichtungen ſtatt. Ähnliches ſehen wir ja auch beſtändig bei uns geſchehen. Das Waſſergas, welches in der Luft gleichmäßig verbreitet iſt, verdichtet ſich um einzelne Punkte zu Schneekryſtällchen. In beleuchteten Räumen ſehen wir oft kleine ſchwarze Schwaden herabfallen, welche offenbar aus den gleichmäßig verbreiteten Kohlenſtoff-Atomen durch ſtellenweiſe Verdichtung entſtanden ſind. In ähnlicher Weiſe werden in jenem Urſtoff ſich Condenſations-Centra gebildet haben, obgleich wir nicht nachweiſen können, daß und weshalb es gerade an einer beſtimmten Stelle geſchehen mußte. Und wenn einmal eine Verdichtung eingetreten war, dann übte dieſelbe eine ſtärkere Attraction aus als die umſtehende weniger dichte Maſſe, und folglich mußte die begonnene Anſammlung von Theilchen immer mehr anwachſen.

Als nächſtes Reſultat dieſer Vorgänge mußte alſo eine Art Gerinnung des Urſtoffes eintreten, ſo daß gewiſſe ſehr große Partien eine etwas größere Dichte hatten als vorher, während die dazwiſchen liegenden Theile noch mehr verdünnt wurden. Dieſe Änderungen gingen aber jedenfalls mit einer Langſamkeit von Statten, für welche wir keinen Maaßſtab haben, nicht nur aus den bereits angegebenen Urſachen, ſondern auch weil der Prozeß der eingeleiteten Verdichtung nicht weiter voranſchreiten konnte, bis die in etwas überwundene Repulſivkraft, oder vielmehr der kleine Überſchuß derſelben, in Form von Wärme aus dem ganzen Gasball hinausgetreten war, was jedenfalls ſowohl wegen des ſehr geringen Temperaturüberſchuſſes als auch wegen des viele Millionen Meilen langen Weges, welchen derſelbe durchwandern mußte, ſei es durch Leitung, ſei es durch Strahlung, nur mit einer extremen Langſamkeit vor ſich gehen konnte.

Nichts deſto weniger lag es in der Natur der wirkſamen Kräfte, daß der einmal eingeleitete Prozeß immer weiter voranſchreiten mußte. Schließlich erreichten alſo die einzelnen Gasbälle eine Dichte, welche doch einigermaßen derjenigen unſrer Atmoſphäre vergleichbar wurde. Und die Zwiſchenräume wurden im Verhältniß ſo groß, daß die Maſſen einigermaßen einen ähnlichen Anblick geboten haben würden, wie wir ſolche Nebelmaſſen noch jetzt — freilich in geringerer Zahl — am Himmel ſehen.

Ob dieſer Prozeß der ſtellenweiſen Verdichtung des Urſtoffes im

ganzen Universum zu derselben Zeit eingeleitet worden sei, dies zu entscheiden, fehlen uns die Anhaltspunkte. Es ist indeß viel wahrscheinlicher, daß diese Anfänge nicht simultan überall eintraten, sondern daß das anfängliche indifferente Gleichgewicht an einigen Stellen weit früher gestört wurde als an andern. So dürften die jetzt noch sichtbaren Nebel diejenigen sein, welche ihre Thätigkeit später als die übrigen begannen, und vielleicht zu einer Zeit, da von den andern der größere Theil bereits fertig ausgebildete Sonnen waren.

Man kann diese Vorgänge im Licht der Dynamiden-Theorie (NB. nicht Dynamit-Theorie) so auffassen, als sei durch dieselbe der wägbare Stoff von dem freien Äther abgeschieden worden. Wenn die Attraction der Massenatome etwas überwog, so wurden in Folge der Compression die Ätherhüllen stärker agitirt, und einige Äther-Atome gezwungen, dieselben zu verlassen. Sie hörten dann auf „gebundener Äther" zu sein, und wurden „freier Äther." Da diese Ätheratome wahrscheinlich der Sitz der Repulsivkräfte sind und durch ihre schwingende Bewegung den Wärmezustand des Stoffes wenigstens großentheils hervorbringen, so ist es danach leicht verständlich, wie mit ihrem Abgang sowohl die Wärme als auch die Repulsivkraft zwischen den Massenatomen eine geringere wurde. Allmählich mußte immer mehr gebundener Äther abgeschieden und gleichsam ausgepreßt werden; jedoch eine gewisse Ätherhülle blieb immer noch gebunden. Der frei gewordene Äther dagegen füllte die sonst leeren Himmelsräume aus, indem er die lebenerhaltende Strahlung von Licht und Wärme vermittelt. Das ist eine recht annehmbare Theorie, doch bleibt sie einstweilen Hypothese, und von ihrer Wahrheit ist die Wahrheit der kosmogonischen Theorie im Ganzen nicht abhängig.

Auf diesem Weg der stufenweise immer zunehmenden Condensation tritt nun bei einer — absolut betrachtet noch immer sehr geringen — Verdichtung ein eigenthümlicher Zustand ein. Der Stoff fängt an, schwach selbstleuchtend zu werden. Es ist dies kein eigentliches Glühen, denn die Temperatur ist ohne Zweifel noch sehr weit entfernt von derjenigen, bei welcher Gase zu glühen anfangen; vielmehr könnte man es ein Phosphoresciren nennen. Dieses Licht ist zweifellos vorhanden, sonst könnte man ja die Nebel gar nicht sehen, und auch bei den so außerordentlich dünnen Schweifen der Kometen ist einiges solches Eigenlicht durch das Spectroscop mit Sicherheit nachgewiesen worden. Aber wir hätten diese Erscheinung nicht im Voraus wissen können. Ja auch nachdem gerade durch diese kosmischen Vorgänge das Fac-

tum feſtgeſtellt iſt, können wir es nicht erklären. Wahrſcheinlich ſind dabei elektriſche Vorgänge im Spiel. Es iſt auch ſehr plauſibel, daß der Äther, wenn er noch in ſo großer Menge um die Maſſen-Atome gebunden iſt, dem Stoff einige derartige optiſche oder elektriſche Eigenſchaften ertheilen wird, welche die Stoffe, mit denen wir experimentiren können, nicht mehr haben, weil ſie nur noch einen kleinen Reſt von Äther in ſich gebunden enthalten.

Wenn aber die Verdichtung noch weiter vorauſchreitet, dann wird nicht nur jenes Phosphoreſciren ſtärker, ſondern allmählich wird die Hitze ſo groß, daß ein wirkliches Glühen der Maſſe eintritt. Auch dieſes iſt anfangs ſchwach, wird aber bei ſtetig zunehmender Verdichtung immer ſtärker. Endlich erreicht es den höchſten Grad des Weißglühens. Damit iſt dann die Sonne „fertig".

Dieſer letztere und weſentlichſte Theil des ganzen Vorganges iſt nun aber keineswegs unerklärbar. Im Gegentheil iſt er mit den Lehren der Phyſik und namentlich mit der mechaniſchen Wärmetheorie in vollem Einklang, und findet darin ſeine vollſtändige Erklärung. Zunächſt iſt klar, daß bei zunehmender Verdichtung auch der Druck im Innern der Maſſe ſehr groß werden muß. Für die Sonne in ihrem gegenwärtigen Zuſtand ergibt eine ziemlich leichte Rechnung, daß — eine konſtante Dichte vorausgeſetzt — der Druck im Centrum gegen 1325 Millionen Atmoſphären beträgt. Da aber die Dichte gegen das Centrum hin bedeutend größer iſt, ſo wird der Druck daſelbſt vielleicht 2500 Millionen Atmoſphären betragen d. h. mehr als das Millionfache des Druckes, welchen explodirendes Schießpulver entwickelt. Als die Maſſe noch einen großen Raum einnahm, war allerdings der Druck bedeutend kleiner, da derſelbe in ſolchen kosmiſchen Maſſen umgekehrt proportional iſt der vierten Potenz der Linear-dimenſion, oder der 1⅓ten Potenz des Volums. Doch iſt der Druck immerhin auch ſchon früher ein ganz enormer geweſen.

Nun iſt aber bekannt, daß ein Gas, welches ſtark comprimirt wird, eine große Hitze entwickelt. Ein ſehr bekanntes phyſikaliſches Experiment reicht hin, dies zu conſtatiren. Nehmen wir ein „pneumatiſches Feuerzeug," d. h. ein ſtarkes Glasrohr, in welches ein Kolben luftdicht eingepreßt werden kann. Bringt man an die Vorderſeite des Kolbens ein wenig Zündſchwamm, und preßt dann mit einem raſchen Druck den Kolben in das Rohr, ſo ſieht man in der comprimirten Luft Feuer entſtehen, und der herausgezogene Zündſchwamm brennt. Die Kraft einer Hand reicht alſo hin, die Luft ſo

weit zu comprimiren, daß Glühhitze entsteht. Um wieviel mehr werden jene Kräfte, gegen welche jede menschliche Kraft verschwindet, in den stärker comprimirten inneren Theilen eines kosmischen Gasballes eine Hitze hervorbringen, für welche wir kaum ein Maaß haben!

Die mechanische Theorie der Wärme bietet die Mittel, um die Temperaturzunahme in einem pneumatischen Feuerzeug zu berechnen. Danach wird eine 11¼fache Verdichtung oder ein Druck von 29½ Atmosph. eine Temperatur von 500° hervorbringen (angenommen 18° C Anfangstemperatur), eine 15¼fache Verdichtung oder 45¾ Atmosph. Druck bewirkt 600°. Jedoch sind die entsprechenden Formeln auf unsern Fall nicht anwendbar, weil die Anfangstemperatur des Urnebels unbekannt ist.

Indeß hat dieselbe Theorie in ihrer raschen allseitigen Entwicklung noch andere Grundsätze entdeckt, welche sich als äußerst wichtig für das ganze Gebiet der Physik erweisen, und mit deren Hilfe auch unsere Aufgabe gelöst werden kann. Solche Principien — gleichsam die Krone der neueren Physik — sind: das Princip von der „Äquivalenz der physikalischen Kräfte," von „der Einheit der Kräfte," und „von der Erhaltung der Kraft" (besser „Erhaltung der Energie").

Bei der Verdichtung des kosmischen Gasballes bis zur Dichte einer fertigen Sonne wird eine sehr große mechanische Arbeit geleistet, nämlich die Arbeit der Attractivkräfte aller einzelnen Massenatome auf alle anderen. Diese aufgewandte Arbeit mußte nun nach dem Princip von der Erhaltung der Energie auch nach der Verdichtung noch in irgend einer Form von Energie in derselben Größe vorhanden sein. Und da sie — bis auf verhältnißmäßig geringe Nebenleistungen — nur als Wärme vorhanden sein konnte, so ist also die erzeugte Wärme jener Arbeit äquivalent, und folglich aus derselben berechenbar.

Nun könnte freilich die Berechnung jener geleisteten Arbeits-Summe eine schwere, ja unlösbare Aufgabe zu sein scheinen. Doch dem ist nicht so. Wenn zwei Attractions-Centra, von der Masse μ und μ', aus unendlicher Entfernung sich anziehen bis zur Entfernung ϱ, dann ist die dabei geleistete Arbeit einfach $= a = \frac{\mu\,\mu'}{\varrho} C$, wenn C die sogenannte Gravitations-Constante ist, d. h. die Beschleunigung, welche die Massen-Einheit in der Entfernungs-Einheit hervorbringt. Dies C kann aus der Schwerkraft leicht numerisch bestimmt werden,

denn dieſe iſt $= g = \frac{m}{r^2} C$, (wenn m und r die Maſſe und den Halbmeſſer der Erde bedeuten), ſomit

$$9{\cdot}8202941^m = \frac{6019^{III}793000 \text{ Billion Tons}}{6370008^2 \text{ meter}} \cdot C,$$

woraus folgt $C = g.\frac{r^2}{m} = 0{\cdot}0000000661954$, wenn die Maſſeneinheit $= 1$ Ton iſt, und $C = 661954 . 10^{-16}$, wenn Kilo und Meter als Einheiten gelten. Die Arbeitsgröße $\frac{\mu \cdot \mu'}{\varrho} \cdot C$ heißt aber das „Potential" der zwei Maſſen auf einander.

Wenn nun aber alle die unzählbaren Trillionen von Atomen ſich gegenſeitig anziehen, bis ſie zuſammen eine Kugel vom Halbmeſſer R bilden, dann iſt die dabei geleiſtete Summe aller Arbeiten das „Potential der Kugel auf ſich ſelbſt." Und auch dieſes kann mit einem ſehr einfachen Exempel der Integral-Rechnung gefunden werden. Es iſt nämlich dies Potential $= H = \frac{3}{5} \frac{M^2}{R} C$, wenn M und R die Maſſe und den Halbmeſſer der Sonne bedeuten (durch Vergleichung, mit der obigen Formel ergibt ſich, daß dies $= {}^3/_5$ von der Arbeit iſt, welche geleiſtet würde, wenn die Sonne eine ihr gleiche Maſſe bis auf ihre Oberfläche anziehen würde). Werden nun die Zahlen eingeſetzt $M = 2002^{IV}540000$ Trillion Tons, $R = 697^{I}624200$ Meter, ſo ergibt ſich $H = 233190$ Sextillion Meter-Kilo. Dies iſt aber äquivalent mit $54^{VI}483000$ Quintillion Wärme-Einheiten (428 als mechan. Äquivalent der Wärme angenommen) [1]).

Soviel Wärme iſt alſo durch jenen Verdichtungsprozeß in unſrer Sonne entwickelt worden. Wäre ſie alle beiſammen geblieben, ſo würde die Maſſe der Sonne dadurch auf eine Temperatur von te $\odot$ $= 27^{I}193300^o$ erhitzt worden ſein, ſofern man annimmt, daß die ſpezifiſche Wärme $= 1$ ſei. In Wirklichkeit weiß man nicht, wie groß dieſe bei jenen enormen Hitzgraden ſein wird, und wahrſcheinlich wird die Temperaturerhöhung noch erheblich größer ſein; doch iſt das von geringer Wichtigkeit. Indeß iſt dieſe Hitze nur noch zum kleinſten Theil

[1]) Für dieſe Rechnungen nahm ich die Sonnenparallaxe $= 8.''79$ an. Sollte der wahre Werth größer oder kleiner ſein, ſo ändern ſich die andern Größen im entgegengeſetzten Sinn, und zwar für $0.''01$ Änderung der Parallaxe ändert ſich R um 0·0011377 des Ganzen, M um das 3fache, H um das 5fache, te $\odot$ um das 2fache dieſes Betrages.

in der Sonne vorhanden. Der größere Theil ist schon während der Verdichtung mit dem entbundenen Äther oder durch Ausstrahlung in den Weltraum zurückgegangen, wo er dann die Vibrationsenergie des freien Äthers etwas mehr animirt hat.

Diese Hitzgrade sind nun gewiß so enorm, daß wir von deren Wirkung auf körperliche Substanzen absolut keine Vorstellung haben können. Indessen ist doch das einleuchtend, daß solche Temperaturen auch wenn sie nur noch zu $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ vorhanden sein sollten, wohl hinreichen, eine Weißglühhitze hervorzubringen, gegen welche die Wirkung unserer Knallgasgebläse oder elektrischen Lichtbogen fast verschwindend klein erscheinen müßte.

Auch ist aus dem Ganzen ersichtlich, daß das Leuchten der Sonne nicht auf einem Verbrennungs-Prozeß beruht, wie unsre künstlichen Beleuchtungsmittel bis in die neuesten Zeiten. Das Licht der Sonne hat vielmehr Ähnlichkeit mit der neuesten Erfindung dieser Art, mit der Glühlampe, da es in der That ein Glühlicht ist.

Die Sonne bedarf deshalb auch keines Stoffes zur Unterhaltung des Brennens, und auch keines Sauerstoffes. Aber auch zum Glühen bedarf sie keines galvanischen Stromes und keiner Dynamo-Maschinen. Vielmehr ist die in der Sonne entwickelte Hitze groß genug, um auf viele Jahr-Millionen das Leuchten zu unterhalten. Und was dabei durch Ausstrahlung verloren geht, wird durch weiteres Zusammensickern der Sonnenmasse in sich selbst — wenigstens zum größten Theil — wieder ersetzt.

Dies ist also die Theorie der Sonne, wie sie aus der von Kant und Laplace begründeten kosmogonischen Theorie mit Nothwendigkeit folgt. Doch diese beiden Forscher waren noch weit entfernt, eine solche Ansicht sich über die Sonne zu bilden. Laplace spricht sich über die Natur des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme gar nicht aus. Kant aber meint, das Licht und die Wärme der Sonne sei die Wirkung eines eigentlichen Verbrennungs-Prozesses. Er zieht sogar daraus den Schluß, daß also auch Luft auf der Sonne existiren müsse. Diese letztere Behauptung ist nun allerdings richtig, aber die ganze Anschauungsweise jedenfalls gänzlich verfehlt.

Man ist in dieser Hinsicht schon einmal vor 2000 Jahren der Wahrheit näher gewesen, als diese beiden großen Gelehrten waren. Es ist bekannt, daß einst ein Athenienser auf dem Markt in Athen die Behauptung aussprach, die Sonne sei nur ein heißer, hellglühender Stein. Seine Mitbürger wurden über diese Verunehrung ihres

Gottes Ἥλιος so aufgebracht, daß sie den Mann beinahe gesteinigt hätten. Wir sehen aber, daß dieser jedenfalls in diesem Punkt viel Einsicht hatte, nicht nur mehr als seine zelotischen Mitbürger, sondern auch mehr als fast alle gleichzeitigen und späteren Philosophen. Doch wenn derselbe etwas mehr von den Ergebnissen der neueren Physik gewußt hätte, würde er wahrscheinlich gesagt haben, die Sonne sei ein großes pneumatisches Feuerzeug. Damit wäre er der Wahrheit noch bedeutend näher gekommen; aber die edlen Bürger Athens würden wohl darüber nicht weniger empört worden sein.

Eine sehr interessante Frage ist es nun, wieviel von der gesammten in der Sonne entwickelten Wärme noch jetzt in derselben vorhanden sei. Doch darüber wissen wir nichts Gewisses. Die mechanische Wärmetheorie kann diese Frage einstweilen noch nicht genügend beantworten, obgleich sie wahrscheinlich noch so weit wird ausgebildet werden, daß sie auch in dieser Frage wesentliche Aufschlüsse wird geben können. Aber auch Beobachtungen und Experimente bieten keine sonderlich befriedigenden Resultate.

Man hat bekanntlich in neuesten Zeiten vielfache Experimente in dieser Richtung angestellt; allein die Resultate gehen im Allgemeinen sehr weit auseinander. Dies kann auch nicht wohl anders sein, da wir ja das Innere der Sonne gar nicht unsren Experimenten unterziehen können; und auch selbst von der äußeren Schichte nur die Intensität der Strahlung messen können, nicht aber die Temperatur, indem es gar nicht feststeht, in welchem Verhältniß die Strahlungs-Intensität zunimmt, wenn die Temperatur eine sehr viel höhere wird.

P. Secchi war einer der Ersten, welche es unternahmen für die Temperatur der Sonne aus Experimenten numerische Angaben zu gewinnen. Man wußte allerdings schon aus den Versuchen Pouillet's mit dem Pyrheliometer, daß die Oberfläche der Sonne etwa 18 mal mehr Wärme aussendet, als — auf gleiche Fläche reduzirt — das stärkste unserer Locomotivfeuer, doch war damit über die Temperatur nichts ermittelt. P. Secchi fand die Temperatur der Sonne fast 6 Millionen Grade hoch. Waterston fand mehr als 10 Millionen, und Ericson 2ᵀ230000°. Bei diesen Bestimmungen lief indeß ein Fehler mit unter, indem stillschweigend die Temperatur als proportional mit der Ausstrahlungs-Intensität angenommen wurde. Es war damals hierüber nicht viel bekannt. Erst in den letzten Jahren ist von Stefan ein Gesetz aufgestellt worden, nach welchem die Strahlung proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur sein soll.

Digitized by Google

Wenn dies Gesetz richtig ist, und die Versuche Secchi's danach umgerechnet werden, so ergeben sie ca. 6000°, und, mit Berücksichtigung der Absorption in der Atmosphäre der Sonne selbst, ca. 10000°.

Es kamen dann andere Gelehrte, namentlich Violle, welche einen viel geringeren Werth angeben (2500° bis 3000°). Doch gingen dieselben sicher zu weit herunter.

Später hat der auszeichnete amerikanische Physiker Langley die Strahlung der Sonne direct verglichen mit derjenigen des aus dem Bessemer'schen Converter ausfließenden Stahles, welcher bei weitem heißer ist als schmelzendes Platin. Er fand mit Sicherheit, daß die Strahlung der Sonne mehrere hundert (ca. 400) mal stärker ist als die, welche von einer scheinbar gleichgroßen Fläche des glühenden Metalles ausgeht. Wird darauf das Stefan'sche Gesetz angewendet, so ergibt sich für die Sonne eine Temperatur von etwa 13600°.

Diese Angaben beziehen sich nun nicht auf die äußerste Schichte der Sonne überhaupt; denn dort ist die Temperatur weit niedriger, da ja P. Secchi nachgewiesen hat, das dort bisweilen sogar Wasser in flüssiger Form als Nebel existirt. Dieselben entsprechen vielmehr der gesammten Strahlung nach Außen, welche ja offenbar zum großen Theil von etwas tiefer liegenden Schichten ausgeht. Sie beziehen sich auf diejenige Schichte der Sonne, in welcher ein Körper im Mittel aus allen Richtungen eine durchschnittliche Bestrahlung erfahren würde, welche auf gleiche scheinbare Fläche reduzirt ebenso stark ist als die Sonnenstrahlung nach Außen. Nur aus Rücksicht auf Kürze nennen wir die entsprechende Temperatur diejenige „der Sonnenoberfläche".

Über andere Schichten kann nur die Theorie einigen Aufschluß geben. Der ausgezeichnete Astrophysiker Zöllner hat gewisse Beobachtungen nach den Lehren der mechanischen Wärmetheorie discutirt und gefunden, daß in einer Tiefe von 8" (ca. 800 geogr. Ml. unter der äußersten Grenze der Chromosphäre) die Temperatur ungefähr = 13230° C sei. Später fand er auf einem andern theoretischen Weg für die unterste Grenze der Chromosphäre 60000° C. In jüngster Zeit hat es Hirn unternommen, aus den Erscheinungen der Protuberanzen, namentlich aus deren Geschwindigkeit, nach den Principien der Thermodynamik einen Schluß auf die Temperatur in jenen Tiefen zu machen, wo die Bewegung der Protuberanzen ihren Anfang nimmt. Er fand dafür 2½200000° C.

Die Versuche könnten also immerhin zu einer einigermaßen genü-

genden Übereinstimmung gebracht werden, wenn wir als Resultat annehmen, daß die „Temperatur der Sonnenoberfläche" = ca. 12000° sei (und 22000° mit Rücksicht auf die Absorption durch die Sonnenatmosphäre), daß aber in tieferen Schichten die Temperatur sehr bedeutend höher ist und im tiefen Inneren wirklich mehrere Millionen Grade beträgt. Indessen ist diese Frage noch nicht abgeschlossen, da das Stefan'sche Gesetz noch keineswegs bewiesen ist. Vielmehr scheint dasselbe nicht nur den bei niederen Temperaturen angestellten Experimenten wenig zu entsprechen, sondern aus rein theoretischen Gründen auch eine Unmöglichkeit zu involviren. Wahrscheinlich dürfte die Ausstrahlung höchstens dem Quadrat der absoluten Temperatur proportional sein. In diesem Fall würden denn auch für die Oberflächentemperatur der Sonne bedeutend höhere Zahlen sich ergeben, nämlich ca. 60000° ohne Rücksicht auf Absorption, und ca. 200000° mit Berücksichtigung derselben.

Diese Ergebnisse von Experimenten enthalten ihrerseits wieder einige Bekräftigung der ganzen Theorie. Es folgt daraus, daß die Wärme der Sonne *nicht* auf einem *Verbrennungsprozeß* beruhen *kann*, da es keinen solchen gibt, der auch nur entfernt solche Temperaturen erzeugen könnte. Folglich muß die Sonnenwärme auf einem einfachen *Glühezustand* beruhen. Ein solcher ergibt sich nun aber aus unserer kosmogonischen Theorie ganz einfach mit Nothwendigkeit, während keine andere Theorie darüber irgend eine Rechenschaft geben kann.

IV. Entstehung der Planetensysteme.

Wenn nun Alles ganz in der angegebenen Weise im Universum verlaufen wäre, dann würden wir unsere hellstrahlende Sonne haben, und ganz ebenso die vielen Millionen Fixsterne, d. i. in gleicher Weise herangereifte Sonnen. Ohne Zweifel wäre das eine schöne Welt gewesen, aber auch zugleich eine höchst unzweckmäßige. Es hätte Etwas gefehlt, und zwar die Hauptsache, nämlich — Wir selbst und alle menschenähnlichen Geschöpfe. Der *Anblick* des Himmels wäre aus sich der gleiche gewesen wie gegenwärtig; aber Niemand wäre gewesen, der die Herrlichkeiten hätte *anblicken* können, und keine Stelle im Universum hätte sich gefunden, auf welcher ein Mensch oder ein ähnliches lebendes Wesen hätte existiren können.

Jetzt aber sehen wir anstatt einer isolirten Sonne ein System, eine Familie von Himmelskörpern, welche so geordnet sind, daß die

Überfülle von Kraft und Energie, welche die Sonne erfüllt, einer ganzen Reihe von Körpern zugute kommt. Die unerträgliche Hitze der Sonne, welche auf dieser selbst alles Leben ausschließt, gelangt in ganz gemäßigter Intensität auf die sie umkreisenden Planeten, und die lebenbringenden Strahlen der Sonne werden nicht blos ins Leere oder auf andere Sonnen geworfen, sondern auf kleinere Körper, denen ein so bescheidenes Maaß von Zustrahlung gerade angemessen ist, um auf ihnen den geschaffenen Lebensfunken zu erhalten und zu entfalten.

Woher also diese so zweckmäßige Abweichung von dem oben skizzirten Programme der Weltentwicklung? Dieser Theil der kosmogonischen Theorie ist offenbar der wichtigste und interessanteste. Zugleich ist er aber auch der schwierigste, und bedarf in einzelnen Punkten ein ziemlich einlässiges Eingehen in die physikalischen Theorien, welche zu Grunde liegen.

Die Ursache der Abweichung und das überaus einfache Mittel, durch welches ein so hoher und wichtiger Zweck erreicht wurde, liegt darin, daß der Gasball, aus dem die Sonne sich bildete, eine Rotation besaß.

Woher nun aber diese Rotation? Kant stellte sich bereits diese Frage; aber er konnte nur eine sehr ungenügende Antwort geben. Er glaubte, daß die dichteren Massen, indem sie gegen die Sonne fielen, durch den Widerstand des Nebels und durch seitliche Stöße unter sich auch seitliche Ausweichungen bewirkten, und daß diese, so regellos sie auch erfolgten, doch nach irgend einer Seite eine überwiegende laterale Bewegung des Ganzen hervorbrachten, welche eine Rotation zur Folge hatte. Diese Erklärung ist gewiß ungenügend, und — wie bereits angedeutet — die Mechanik beweist auch, daß eine Rotation auf diese Weise nicht entstehen kann.

Laplace hat diese Frage gar nicht berührt. Er stellt einfach die Rotation als ein Postulat hin. Dann aber ist er in den daraus abzuleitenden Entwicklungen sehr viel tiefer und schärfer als Kant. Leider hat er aber sowohl in der näheren Präcisirung der Rotation, als auch in der näheren Angabe des Modus, wie aus dem Urnebel die Planeten sich bildeten, einen Fehler begangen. Der Zauber des Namens Laplace hat dieselben gleichsam geheiligt, und es scheint, daß man kaum von denselben sich losmachen kann, obgleich man allmählich unumstößliche Beweise gegen ihre Zulässigkeit gewann.

Die Klarheit unsrer Darstellung wird wohl am besten gewahrt werden, und der Leser einen tieferen Blick in diese nicht ganz einfachen

Vorgänge gewinnen, wenn wir zunächſt nur den Anſchauungen Laplace's folgen. Danach werden wir ſehen, in welchen Punkten dieſelben als unhaltbar ſich herausſtellen. Dann wird es auch nicht ſo ſchwer ſein, das Unhaltbare auszumerzen und die ganze Theorie in einer ſolchen Auffaſſungsweiſe darzuſtellen, welche ſowohl mit den Geſetzen der Phyſik, als auch mit den beobachteten Thatſachen harmonirt.

Laplace nahm alſo eine langſame Rotation unſres Gasballes an. Da er aber die Urſache der Rotation nicht kannte, ſo wußte er auch nicht das Geſetz derſelben. Er nahm deshalb ein ſolches an, wie es ihm a priori den Naturgeſetzen entſprechend das plauſibelſte ſchien. Als ſolches erſcheint nun jedenfalls die Annahme, daß der Ball vom Centrum bis zur äußerſten Oberfläche eine und dieſelbe Rotationsgeſchwindigkeit beſeſſen habe. Laplace gibt auch einen Grund für dieſe Annahme an, nämlich daß die Reibung der verſchiedenen Schichten auf einander in den unermeßlich langen Zeiträumen eine ſolche Gleichheit der Rotation hervorbringen mußte. Man könnte auch noch einen andern Grund darin finden, daß innerhalb eines ſolchen Balles, ſofern er eine conſtante Dichte beſitzt, die Intenſität der Schwere gegen das Centrum einfach proportional der Entfernung iſt. Nun lehrt aber die Mechanik, daß bei einer ſo beſchaffenen Centripetalkraft alle Centralbewegungen in einer conſtanten und gemeinſamen Zeit vollzogen werden. Die Annahme war alſo ziemlich gut begründet. Allein ſie iſt dennoch unrichtig, wie wir noch ſehen werden.

Der Ball verdichtete ſich nun allmählich, und daraus mußte nothwendig eine Beſchleunigung der Rotation entſtehen. Die Mechanik lehrt, daß in einem ſolchen Fall, wenn die Dichte überall im gleichen Verhältniß zunimmt, die Rotationsdauer proportional iſt dem Quadrat des Halbmeſſers. War ſie alſo im Anfang auch ſehr langſam — vielleicht von der Dauer einiger Jahrtauſende — ſo mußte ſie doch bei ſtarker Verdichtung eine ſehr ſchnelle werden. Dadurch mußte aber auch die Fliehkraft ſtark anwachſen, und die Geſtalt des Ganzen aus der Kugelform in die eines ſtark abgeplatteten Sphäroides übergehen. Bei einem gewiſſen Stadium der Verdichtung, als der Äquatoreal-Halbmeſſer gleich der Entfernung des äußerſten Planeten von der Sonne war, wurde die Fliehkraft bereits ſo groß, daß ſie in der Äquatoreal-Zone der Schwerkraft gegen die Sonne das Gleichgewicht hielt. In Folge davon blieb dieſer äußerſte Gürtel in Geſtalt eines freiſchwebenden Ringes zurück, während die übrige Maſſe den Verdichtungsprozeß fortſetzte. Aber auch in dieſer wuchs dann die Flieh-

kraft wieder ſtärker als die Schwerkraft. Jene iſt nämlich proportional mit $r : t^2$, und da — wie bereits angedeutet — die Umlaufszeit t (nach dem Geſetz von der „Erhaltung der Flächen") proportional zu r^2 abnimmt, ſo wächſt die Fliehkraft im umgekehrten Verhältniß zu r^3. Die Schwerkraft dagegen nimmt nur im umgekehrten Verhältniß von r^2 zu. Folglich muß die Fliehkraft ein zweites — drittes — . . . mal überwiegen, und als Folge davon einen Ring abſetzen. Der letzte Ring hatte die Größe der Merkurs-Bahn, und alle Maſſen, welche nicht zu einem Ring gehörten, gelangten durch fortgeſetzte Verdichtung zum großen Centralkörper, der Sonne.

Die ſo entſtandenen Ringe waren noch gasförmig, und ſie rotirten in Folge der inneren Reibung jeder mit einer conſtanten, allen Theilen gemeinſamen Rotationsgeſchwindigkeit.

Nun bildete ſich aber in jedem ſolchen Ring — ähnlich wie früher im Urnebel — ein Centrum von etwas vorwiegender Condenſation. Dies mußte naturgemäß an Maſſe immer zunehmen und ſchließlich den ganzen Ring in ſich abſorbiren. Es konnten auch mehrere ſolche Centra in einem Ring ſich bilden, die ſich aber ſpäter zu einem großen Gasball vereinigten. Da aber der ganze Ring rotirte, ſo hatte natürlich auch dieſer Ball eine Rotationsbewegung, und zwar im gleichen Sinn, in welchem er auch den Umlauf um die Sonne ausführte. Bei fortgeſetzter Condenſation wurde die Rotation immer ſchneller, bis ſchließlich auch hier ein oder mehrere Ringe ſich abſetzten, aus denen dann die Monde des betreffenden Planeten entſtanden. Auch dieſe mußten rotiren, und zwar in der gleichen Richtung von Weſt gegen Oſt, wie ſie den Hauptplaneten umkreiſten.

Dies iſt in gedrängteſter Kürze die Theorie Laplace's. Dieſelbe erklärt in einer befriedigenden Weiſe die hauptſächlichſten Eigenthümlichkeiten, welche wir an unſrem Sonnenſyſtem wahrnehmen, nämlich 1. die Übereinſtimmung aller Umlaufsbewegungen und Rotationen in demſelben Sinn, 2. die nahe Übereinſtimmung der Lage aller Bahnen mit dem Sonnenäquator, und 3. die geringe Excentricität der Bahnen. Sie galt deshalb, auch in dieſer ſpeziellen Auffaſſung, wie Laplace ſie aufſtellte, als eine vollſtändig begründete, ja unumſtößliche Theorie.

Indeß bei genauerer Unterſuchung finden wir, daß doch nicht Alles ſo ſchön mit dieſer Theorie harmonirt, wie wir es ſonſt gewohnt ſind zu finden, wenn wir die richtige Theorie und den wahren Schlüſſel für eine Reihe von Vorgängen gefunden haben. Ja es ſtell-

ten ſich auch Thatſachen ein, welche mit dieſer Theorie, wie ſie Laplace ausgebildet hatte, in offenem Widerſpruch ſtanden.

Ein Factum dieſer Art, welches die Theorie Laplace's ſtark erſchütterte, war die Entdeckung des inneren Mars-Trabanten Phobos. Die Entdeckung der beiden kleinen Himmelskörper Deimos und Phobos war an ſich ſchon eine ſtarke Überraſchung für die Aſtronomen, indem dadurch ein Satz umgeſtoßen wurde, der gleichſam wie ein Axiom in die Aſtronomie ſich eingelebt hatte, daß Mars keine Satelliten beſitze. Aber Phobos bereitete noch eine andere nachhaltigere Überraſchung, da ſeine Umlaufszeit (7 St. 39 M. 15 S.) nicht blos ein wenig, ſondern ſehr viel kleiner iſt als die Rotationszeit (24 St. 37 M.) des Mars ſelbſt. Das ſchöne Schauſpiel, welches dieſe Trabanten den eventuellen Bewohnern des Mars bieten werden, indem der eine im Oſten auf- und im Weſten untergeht, Phobos aber umgekehrt von Weſten gegen Oſten läuft, das iſt hier Nebenſache. Aber das Factum, daß ein Trabant in kürzerer Zeit ſeinen Umlauf vollendet, als ſein Hauptplanet eine Rotation ausführt, das iſt von hoher theoretiſcher Wichtigkeit. Die Hauptſpitze deſſelben iſt aber gerade gegen die Laplace'ſche Auffaſſung ſeiner Theorie gekehrt.

Es iſt in der That einleuchtend, daß nach der Weiſe, wie Laplace die Ringbildung erklärt und von den Ringen auf die Satellitenbildung übergeht, ein ſolches Factum gänzlich unerklärlich iſt. Zum Überfluß erklärt aber auch Laplace ſelbſt, daß ein ſolches Factum ſeiner Theorie widerſprechen würde, indem er ſagt: „Da alle Trabanten, welche um einen Planeten herumlaufen, aus den Zonen entſtanden ſind, welche deſſen Atmoſphäre ſucceſſiv abgeſchieden hat, und da die Rotation des Planeten immer ſchneller und ſchneller wurde, ſo muß die Dauer dieſer Rotation nothwendig kleiner ſein als die Umlaufszeit jener Trabanten". Laplace hat im Vertrauen auf die Wahrheit ſeiner Auffaſſung dieſes Kriterium ausgeſprochen. Nun aber hat es gegen ihn geſprochen. Es iſt ſomit nothwendig Etwas unrichtig in der Laplace'ſchen Expoſition.

Doch nachdem man durch das Factum auf dieſen Schluß gleichſam geſtoßen war, kam man zur Erkenntniß, daß man eigentlich dasſelbe gar nicht bedurft hätte. Es iſt in der That nicht ſchwer nachzuweiſen, daß alle Centralkörper unſres Syſtems, und die Sonne ſelbſt ſehr viel langſamer rotiren als mit der Laplace'ſchen Auffaſſung vereinbar iſt. Nehmen wir beiſpielsweiſe unſere Erde. Als dieſelbe noch in gasförmigem Zuſtand den Mond aus ſich abſchied,

muß der Halbmeſſer mindeſtens 60 mal größer geweſen ſein als gegenwärtig. Ihre Rotation würde danach faſt 10 Jahre gedauert haben, falls die Dichte des Ganzen gleichförmig geweſen wäre. Nun war allerdings die Dichte gegen die Mitte hin größer; allein da noch in jener großen Diſtanz ein Ring ſich bilden konnte, der $^1/_{80}$ der ganzen Erdmaſſe enthielt, ſo muß auch in den folgenden Schichten noch ſehr viel Maſſe enthalten geweſen ſein, ſo daß die Rotation doch immerhin wenigſtens 1 Jahr gedauert haben muß. Wenn man die Verſchiedenheit der Dichte ſo groß annimmt, daß eine centrale Kugel bis zum Radius von 10 jetzigen Erdhalbmeſſern eine im Durchſchnitt 1000 mal dichtere Maſſe enthalten habe als der übrige Raum bis zum Mond, ſelbſt dann würde ſich noch eine Rotationsdauer von etwa $1^3/_4$ Jahr ergeben. Nun aber iſt einleuchtend, daß eine ſo langſam rotirende Kugel vollſtändig außer Stand geweſen wäre, dem loszulöſenden Ring eine Bewegung zu ertheilen, welche in $27^1/_3$ Tag einen Umlauf vollzieht.

Dieſelbe Unmöglichkeit ergibt ſich auch, wenn man umgekehrt von der Entſtehung des Mondes ausgehend die Entwicklung vorwärts verfolgt. Zur Zeit dieſer Entſtehung muß die Rotationsdauer des Gasballes nahe $27^1/_3$ Tag betragen haben. Wäre dabei die Dichte conſtant geweſen, ſo müßte jetzt die Rotationsdauer = $10^4/_5$ Minuten ſein. Die größere Dichte gegen die Mitte dürfen wir nicht allzuhoch anſchlagen, weil ſonſt in der Diſtanz des Mondes unmöglich noch hinreichend Maſſe für dieſen vorhanden geweſen wäre. Somit iſt die jetzige langſame Rotation durchaus unvereinbar mit der Laplace'ſchen Auffaſſung.

Ganz Ähnliches gilt für die Sonne in Bezug auf die Planeten. Da die Sonne gegenwärtig in etwa 25 Tagen eine Rotation ausführt, ſo hätte ſie bei Abſcheidung des für die Erde beſtimmten Ringes eine Rotationsdauer von $214{\cdot}6^2.25$ Tagen = 3150 Jahren haben müſſen, falls die Dichte ganz gleichmäßig geweſen wäre. Um aber von da bis auf ein Jahr herabzukommen, müßte man der Ungleichmäßigkeit der Dichte offenbar etwas zu viel zuſchreiben. Bei der Abſetzung des Neptuns hätte der Gasball in $2^8850000$ Jahren einmal rotirt (bei gleichmäßiger Dichte), während der Umlauf des Neptun nur etwa 163 Jahr erfordert.

Wie man ſieht, führt die Anſchauungsweiſe Laplace's zu Ungereimtheiten, welche dieſelbe ſchon als höchſt unwahrſcheinlich erſcheinen

laſſen. Die Entdeckung des Phobos war ſonach eigentlich nur ein letzter entſcheidender Stoß gegen dieſe Theorie, der kaum noch eine Gegenrede zuläßt.

Doch noch andere ſehr ſchwache Seiten zeigen ſich an der Auffaſſungsweiſe Laplace's. Dieſelben ſind direct gegen die „Ringtheorie“ gerichtet.

Es iſt zunächſt gar nicht abzuſehen, wie überhaupt die Bildung von vielen geſonderten Ringen möglich ſein könnte. Die Erklärung der Ringbildung im Allgemeinen nach Laplace iſt allerdings ganz correct und richtig. Allein alle dabei ins Spiel gebrachten Umſtände wirken doch durchaus continuirlich und ohne alle Unterbrechung. Folglich hätten ſich nicht 8 oder 9 geſonderte Ringe um die Sonne bilden können, ſondern das Reſultat hätte nothwendig eine einzige platte Scheibe — eine Art Welt-Kuchen — ſein müſſen. An den Ringen des Saturn ſehen wir allerdings eine Unterbrechung durch die Caſſini'ſche und Encke'ſche Trennung; und auch an dem Ring der Aſteroiden gibt es gewiſſe Interſtitien, in welchen kein ſolcher Körper ſich befindet. Allein die Mechanik des Himmels weist nach, daß dies durch Störungen von Seite der Saturns-Trabanten und reſp. von Jupiter und Saturn auf die Aſteroiden erfolgen mußte. In dem urſprünglichen Sonnen-Ball gab es aber noch keine ſtörenden Körper, welche durch Jahrtauſende hindurch in gleicher Weiſe fortgeſetzten Einfluß die Stabilität beſtimmter Bahnen unmöglich hätten machen können. Nun bedarf aber Laplace für ſeine Auffaſſung viele einzelne Ringe, da er annehmen muß, daß jeder wie aus einem Stück beſtehend um die Sonne ſich bewege. Somit iſt dieſe Auffaſſungsweiſe nicht haltbar.

Ferner iſt eben dieſer Umſtand, welcher von Laplace als nothwendig erklärt wird, daß nämlich ein ſolcher Ring in allen ſeinen Theilen die gleiche Rotations-Geſchwindigkeit haben müſſe, phyſikaliſch unmöglich; denn es iſt einleuchtend, daß alle Theile eines ſolchen Ringes erſt dann abgeſetzt wurden, als ihre Fliehkraft die Anziehungskraft der Sonne aufhob. Folglich mußten ſie alle in ſelbſtſtändigen Centralbewegungen um die Sonne kreiſen. Darin liegt aber die nothwendige Folge, daß die inneren Theile eines ſolchen Ringes ſchneller ſich bewegen mußten als die äußeren, nicht blos in Hinſicht auf die Umlaufszeit, ſondern auch in abſoluter Geſchwindigkeit. Wenn z. B. die Breite des Ringes = $^1/_{10}$ des Halbmeſſers war, ſo mußte die Umlaufszeit der äußeren Theile zu der der inneren

wie 7 : 6 ſich verhalten, und die Geſchwindigkeit der letzteren zu der der erſteren wie 21 : 20.

Laplace ſucht zwar die Annahme einer gemeinſamen Rotationszeit zu begründen durch die Reibung der Theile des Ringes unter ſich. Doch dieſer Grund reicht nicht hin eben aus dem Grunde, weil die Theilchen eines Ringes ganz ſelbſtſtändige Bahnen beſchreiben, und ſonach gar keinen Druck auf einander ausüben. Iſt nun ſchon die Reibung im Inneren eines Gaſes ganz außerordentlich gering, ſelbſt auf kleine Diſtanzen und unter großem Druck, wie viel weniger wird ſie in Betracht kommen, wenn gar kein Druck ſtattfindet, und die Schichten, welche die Reibung aufnehmen, viele hunderttauſend Meilen hoch ſind!

Noch einen andern Grund bringt Laplace für dieſe Annahme. Der Ring wird ſich nämlich etwas condenſiren, und folglich die äußern Theile ſowohl wie die inneren der Mitte des Ringes ſich nähern. Daraus folgt dann, daß jene an Geſchwindigkeit zunehmen, dieſe aber abnehmen müſſen. Allein bei näherer Prüfung zeigt ſich, daß auch dieſer Grund nicht ſtichhaltig iſt und zwar 1) aus der bereits angegebenen Urſache, weil nämlich die Theilchen eines ſolchen Ringes nicht auf einander drücken. Fehlt nämlich die comprimirende Kraft, dann gibt es weder eine directe Veranlaſſung zur Verdichtung, noch eine Temperaturerhöhung und Wärmeausſtrahlung. Eine Verdichtung kann alſo nur in einem minimalen Grad ſtattfinden und mit einer Langſamkeit, welche nicht in Vergleich kommt mit der Verdichtung eines Gasballes, deſſen Schichten alle mit ihrem ganzen Gewicht auf einander drücken. 2) Wenn auch eine Verdichtung eintritt, ſo iſt doch gar kein Grund vorhanden, daß dieſelbe die Breite des Ringes verringern ſollte. Dem Streben nach Verdichtung kann vollkommen genügt werden durch eine Verminderung der Dicke des Ringes. Im Sinne der Dicke ſteht nämlich gar Nichts im Weg, aber im Sinne der Breite kann ſie nicht ſtattfinden ohne daß die Bewegungs-Energie der Theilchen geändert und folglich eine Arbeit angewendet würde.

Doch weshalb iſt Laplace ſo beſorgt um dieſen einen, wie es ſcheint, ganz nebenſächlichen Umſtand? Der Grund iſt, weil ſonſt die Rotation der Planeten von Weſt gegen Oſt nicht erklärt würde. Um dieſe in Übereinſtimmung mit der Wirklichkeit zu erklären, wäre nach der Auffaſſung Laplace's durchaus nothwendig, daß die äußeren Theile eines Ringes eine größere abſolute Geſchwindigkeit beſitzen als die inneren. In dieſem Fall nämlich wird ein innerhalb des Ringes

ſich entwickelnder Gasball durch die fortwährend mit ihm ſich vereinigenden Theile auf der äußeren Seite einen ſtärkeren Antrieb zum Rotiren erhalten als auf der inneren, und folglich allmählich eine Rotation ſich ausbilden, welche mit der Richtung des Umlaufes übereinſtimmt.

Nun ſehen wir aber, daß Laplace nicht nur Nichts erklärt, ſondern daß gerade das Gegentheil ſtattfinden müßte. Die Theile, welche an der inneren Seite eines ſolchen Ringes ihren Umlauf machen, haben eine größere Geſchwindigkeit als die auf der Außenſeite ſich bewegenden Maſſen. So müſſen z. B. bei der Erde zur Zeit, als ſie den Mondring abſetzte, die inneren Theile um etwa $^1/_{400}$ der ganzen Geſchwindigkeit, d. h. abſolut um ca. 80 Meter ſchneller ſich bewegt haben als die äußeren. Das hätte im Lauf der Jahr-Millionen ſicher eine rückläufige Rotation von Oſt gegen Weſt bewirken müſſen.

Das iſt nun ein fataler Stoß, welchen die Auffaſſungsweiſe Laplace's erleidet. Und damit die Schwierigkeit voll werde, und man nicht etwa durch gewiſſe Kunſtgriffe doch die Expoſition Laplace's retten zu können meine, kommt nun auch die durch Beobachtungen erhärtete Thatſache dazu, daß der Mond des Neptun wirklich rückwärts läuft. Die Monde des Uranus waren auch nicht rechtläufig und fügten ſich ſchon nicht den Deductionen des Meiſters Laplace. Aber der Neptuns-Mond iſt ganz entſchieden ebenſo retrograd, wie die Jupiters-Monde rechtläufig ſind.

Das klingt nun faſt wie eine Ironie des Schickſals. Laplace will nach ſeiner Theorie die Rechtläufigkeit der Satelliten erklären, wonach dann die Rückläufigkeit des Neptuns-Mondes als eine exceptionelle Extravaganz hätte angeſehen werden müſſen. In Wahrheit aber wäre eigentlich nach der Laplace'ſchen Auffaſſung dieſe Ausnahme als die Regel anzuſehen, während die faſt ausnahmsloſe Rechtläufigkeit eine unerklärte Anomalie wäre.

Wir ſehen alſo, daß die Laplace'ſche Auffaſſung der Theorie keineswegs zu einem ſehr einfachen klaren lichtvollen Verſtändniß der wirklichen Verhältniſſe führt, ſondern vielmehr gewiſſermaßen in ein wiſſenſchaftliches Dorngehege, aus dem wir kaum einen Ausweg ſehen.

Was iſt alſo zu thun? Sollen wir friſchweg mit Mr. Faye erklären: „Die kosmogoniſche Theorie von Laplace iſt in vollem Widerſpruch mit dem gegenwärtigen Stand der Wiſſenſchaft. Sie muß

durch eine andere Hypotheſe erſetzt werden."? Wie ſchon früher bemerkt, iſt das keineswegs nothwendig. Nur einige ſpeecielle Auffaſſungsweiſen Laplace's müſſen eliminirt und durch beſſere erſetzt werden.

Sonderbar aber iſt es, daß auch bei dieſen Verbeſſerungs-Verſuchen manchmal einem kreiſenden Berg ein „ridiculus mus" — ein kleines Mäuschen — entſpringt. Mr. Faye will die ganze Theorie durch eine neue erſetzen. Wenn man aber ſeine langen Expoſitionen auf ihren eigentlichen Kern unterſucht, dann findet man eigentlich *Nichts*. Im Gegentheil, man traut kaum ſeinen Augen, wenn man ſieht, wie ein berühmter, im Dienſt der Wiſſenſchaft ergrauter Gelehrter ſich in Klagen ergeht, daß die *Carteſianiſchen Wirbel* von den Männern der Wiſſenſchaft nicht eultivirt worden ſeien, und die Meinung ausſpricht, daß alle Schwierigkeiten ſich ebnen werden, wenn man wieder die Anſichten des Deseartes adoptiren und ausbilden würde. Vage inhaltsleere Hoffnungen, reſp. Illuſionen, anſtatt einer ſoliden Theorie, welche die Laplace'ſche erſetzen könnte! —

Ein guter Freund von mir hat einen weniger großartigen Anlauf genommen, und iſt doch dem angeſtrebten Ziel weit näher gekommen. P. Epping S. J. („Kreislauf im Kosmos" Freiburg 1882) faßt die Sache ſo auf, daß die Verdichtung des urſprünglichen Gasballes immer nur in der oberflächlichen Schichte eingetreten ſei, weil nur da (wegen der unmittelbaren Nähe des kalten Weltraums) durch Ausſtrahlung die Wärme hinreichend herabgedrückt wird (S. 33.). Durch dieſe Verdichtung nun ſoll nur in dieſer Schichte die tangentiale Bewegung vermehrt werden, „ohne daß der ganze Ball mit herumgeriſſen wird." — Wenn damit wirklich nachgewieſen würde, daß die inneren Theile eine ſo auffallend viel geringere Rotations-Energie beſitzen wie die äußeren, dann wäre die eine Schwierigkeit gegen die Laplace'ſche Theorie gehoben.

Indeß iſt es doch nicht recht erſichtlich, daß in dem angegebenen Princip wirklich eine ſolche Erklärung enthalten ſei. Man kann vielmehr 1) bezweifeln, ob nur in der oberflächlichen Schichte eine Verdichtung begründet ſei. Es fehlt nämlich dort der Druck, und folglich auch die Temperatur-Erhöhung, und ſomit auch die Wärme-Ausſtrahlung; und zudem iſt auch das Emiſſions-Vermögen von ſo ſehr verdünnten Gaſen ein ſehr geringes. In den tieferen Schichten dagegen iſt ein ſtarker Druck, folglich ein ſtarkes Streben zur Verdichtung, eine hohe Temperatur und Wärme-Strahlung, und die höheren dünnen Schichten ſind ziemlich diatherman. Könnte man

die inneren und äußeren Schichten auf ihren absoluten Wärmegehalt prüfen, so würde sicher sich ergeben, daß die inneren bereits mehr von ihrem ursprünglichen Gehalt abgegeben haben als die äußeren, und unter gleicher Temperatur würden also jene eine stärkere Verdichtung aufweisen als diese. — 2) Wenn nur die äußeren Schichten sich condensiren, dann wird dadurch für dieselben an Tangential-Geschwindigkeit fast Nichts gewonnen. Denn diese nimmt nicht zu in Folge der Verdichtung als solcher, sondern nur insofern die Verdichtung eine Annäherung an die Sonne zur Folge hat. Eine solche kann aber eben nur geschehen, wenn auch die inneren Schichten sich verdichten. — 3) Endlich würde aus der Annahme nur folgen, daß die Verdichtung der inneren Schichten erst *später* erfolgte als die der äußeren. Die Rotation derselben würde folglich auch erst später eine Beschleunigung erfahren; aber diese würde dann doch ganz in ebenso großem Maaße sich entwickeln, wie wenn die Verdichtung in allen Schichten gleichzeitig begonnen hätte. Der Endzustand wird also auch in dieser Annahme der gleiche sein, wie wenn die Annahme nicht gemacht worden wäre. — So möchte es scheinen. Vielleicht wird P. Epping seine Auffassung noch etwas vollständiger ausführen, so daß ersichtlich werde, wie diesen Bedenken zu begegnen wäre. —

Um die *zweite Hauptschwierigkeit*, die Rückläufigkeit der Satelliten und Rotationen, zu beseitigen, haben einige französische Gelehrte die sogenannte „Gezeiten-Reibung" als Erklärungsgrund zu Hilfe genommen. Mit diesen „Gezeiten" ist viel Mißbrauch getrieben worden; und nachdem einmal der gefeierte Meister Darwin diese Theorie sehr viel weiter ausgedehnt hat, als sie früher war, ist sehr viel Unverstandenes und Unverständiges darüber geschrieben worden. Es scheint wirklich, daß manchmal mit dem vielen Schreiben das solide Durchdenken im umgekehrten Verhältniß abnimmt. So hat Darwin selbst, der doch in vieler Hinsicht ein weit besserer Denker war als seine Anhänger, behauptet, daß unser Mond in frühester Zeit der Erde ganz nahe gestanden sei, so daß er seinen Umlauf in 3 bis 4 Stunden gemacht habe. Ein wenig Überlegung zeigt, daß das unmöglich ist. Wenn ein Satellit in kürzerer Zeit seinen Umlauf macht als der Hauptplanet seine Rotation, so muß die Fluthwelle auf ihn *retardirend* wirken, und das hat zur Folge, daß er sich dem Planeten nähern und seine Umlaufszeit *kürzer* werden muß. Consequent müßte er schließlich auf den Planeten fallen. Vielleicht werden Astronomen, welche nach 100000 Jahren leben werden, solches an Phobos

conſtatiren können. Nur wenn die Umlaufszeit des Mondes bereits größer iſt als die Rotationsdauer des Planeten, dann ſtrebt der Fluthberg, die abſolute Geſchwindigkeit des Mondes zu vermehren. Dieſe mitgetheilte Energie hat aber vielmehr zur Folge, daß ſich die Bahn erweitert und die Umlaufszeit größer wird. Die obige Behauptung Darwin's wäre alſo nur haltbar, wenn die Erde urſprünglich ſchneller rotirt hätte als in 3 Stunden. Wie aber eine ſo ſchnelle Rotation entſtanden ſein könne, die ſich dann nachher ſelbſt wieder bremſen ſoll, das wäre eine ganz unlösbare Frage. Doch dies ſei nur nebenbei bemerkt gegen Darwin's Übertreibungen der Gezeitentheorie.

In unſrem Fall nun ſoll die Gezeitenreibung in folgender Weiſe eingewirkt haben: Wenn auch ein innerhalb eines Ringes entſtandener Gasball eine retrograde Rotation angenommen hat, ſo wird doch wegen ſeiner großen Dimenſion eine ſtarke Fluth-Welle in demſelben ſich entwickeln. Dieſe nun muß mit der Länge der Zeit jene Rotation aufheben und eine entgegengeſetzte Rotation bewirken, welche mit dem Umlauf des Planeten um die Sonne gleiche Richtung und auch gleiche Dauer hat. Nachdem ſich dieſe ausgebildet hat, tritt die Verdichtung des Nebelballes ein und bringt die Rotationsdauer von der Zeit eines Jahres herab auf die eines Monates. Somit wird die urſprünglich gleichſam verfehlte Rotation in eine normale verwandelt.

Allein bei dieſem Kunſtſtück wird offenbar den Gezeiten zu viel zugemuthet. Ja die ganze Anwendung dieſer Theorie auf die erſten kosmogoniſchen Perioden beruht auf einem prinzipiellen Irrthum. Weshalb ſoll die Rotation durch die Gezeiten retardirt werden? — Weil der Fluthberg in einer rückläufigen Bewegung um den Planeten herumgeführt wird und dieſem ſeine Bewegung mitzutheilen ſtrebt. — Ja, wird denn aber dieſer Fluthberg auf dem Planeten fortgeſchoben wie etwa eine Steinplatte auf dem unterliegenden Erdboden? Der Vorgang iſt durchaus anderer Natur. Die Theile des Ozean's (um das concrete Beiſpiel von Erde und Mond zu betrachten), welche auf der dem Mond zugekehrten oder auf der abgewendeten Seite ſich befinden, werden ein klein wenig leichter, dagegen die ringsum ſeitlich befindlichen um ebenſoviel ſchwerer. Deshalb drücken die ſeitlichen etwas ſtärker gegen unten, und jene werden folglich von unten herauf etwas gehoben. So bildet ſich der flache ſogen. Fluthberg auf der dem Monde zugekehrten und auf der abgewandten Seite, und dieſer Proceß ſetzt ſich continuirlich fort. Es iſt alſo nicht ein Fortſchieben

eines Fluthberges auf einer Unterlage, welches Arbeit verzehren und die Rotations-Energie vermindern würde, ſondern es iſt ein ſehr geringes oscillirendes Auf- und Abſteigen der Maſſen, welche die Geſtalts-Änderung bewirkt. Und dieſe verzehrt aus ſich gar keine Arbeit, ebenſowenig wie Arbeit verbraucht wird durch das Oscilliren einer großen Seifenblaſe um ihre mittlere Kugelgeſtalt. Es iſt deshalb gar nicht erſichtlich, wie dieſelbe die Rotation nach Art eines Brems-Ringes retardiren ſollte. Eine ſolche Bremſung tritt erſt dann ein, wenn auf der Oberfläche Continente ſich befinden, an deren Küſten der Fluthberg eine Brandung erzeugen muß. Die ganze Energie der Brandung geht dann für die Rotation verloren, um in der vermehrten Bewegungs-Energie (in dieſem Fall nicht der actuellen ſondern der potentiellen) des Mondes wieder aufzutreten. Wäre aber die ganze Erde ringsum von einem ſehr tiefen Ozean umgeben oder wäre ſie durchaus flüſſig, ſo gäbe es keine Brandung, und die ganze Geſtalts-Änderung, welche wir „Gezeiten“ nennen, würde ſich ohne allen Aufwand von Arbeit vollziehen. Ein klein wenig Reibung wird allerdings dabei ſtatthaben, aber das wäre etwas ſehr Unbedeutendes. Wenn einmal das Phänomen der Gezeiten im Gang wäre, ſo könnte man den Mond gänzlich wegdenken, und die Fluth-Oscillationen würden gewiß über ein Jahrhundert lang blos in Folge der Trägheit ſich fortſetzen.

Iſt das nun ſchon der Fall bei einem Planeten, der bis zu ſehr großen Tiefen von Waſſer bedeckt iſt, um wieviel mehr wird es ſeine Geltung haben, wenn die ganze Maſſe bis zum Centrum noch in gasförmigem Zuſtand ſich befindet. Die ganze Geſtalts-Änderung an ſich erheiſcht prinzipiell gar keine Arbeit. Und ſelbſt dieſe Arbeit, welche eventuell erfordert wird, vollzieht ſich in einem Gasball ohne alle Reibung, oder doch mit einem ſo minimalem Reibungs-Coefficienten, daß wir dafür nicht nur kein Beiſpiel, ſondern auch nicht einmal annähernd richtige hinreichend kleine numeriſche Angaben ermitteln können. Wenn alſo eine Arbeit verbraucht wird, ſo iſt es um ſo zu ſagen „ein unendlich Kleines zweiter Ordnung.“ Es gehört ein vollſtändiges Mißverſtändniß des ganzen Vorganges oder die blinde Zuverſicht neuerer Darwiniſten dazu, um in ſo extrem-minimalen Hemmniſſen die wirkſame Urſache der Rotation der Planeten zu finden.

Wenn gegenwärtig, da die Wirkung der Gezeiten in Folge der Brandungen gewiß über 1000 mal größer iſt als in jenen Urzeiten, den-

noch seit 2000 Jahren absolut keine Verzögerung, selbst nicht um ein 20000000tel des Ganzen wahrnehmbar ist, weder in der Erd-Rotation noch im Umlauf des Mondes; wie viele Milliarden von Jahren würde es bedurft haben, um die ganze Rotation hervorzubringen! — Nimmt man noch dazu, daß die Gezeiten nur in den ersten Perioden, da sie am wenigsten wirken konnten, die zu erklärende Wirkung hätten leisten müssen — und zwar zweimal, 1) um eine entgegengesetzte Rotation aufzuheben, und 2) um die rechtläufige hervorzubringen, daß aber danach die Wirkung fortwährend wieder der erzeugten Rotation hemmend hätte entgegentreten müssen (da sie ja nach einer Rotation von der Dauer eines Jahres streben), — so wird man gestehen müssen, daß nicht nur diese ganze Mechanik einen sehr sonderbaren bizarren Character haben würde, sondern daß auch in der angegebenen Ursache nicht die erforderliche Energie gefunden werden kann, um gerade jenen Theil der sich entgegenstehenden Wirkungen, nämlich die rechtläufige Rotation von dieser Intensität hervorzubringen.

Doch wir haben nun hinreichend zusammengerissen; wir müssen auch bedacht sein, aufzurichten. Sonst könnte es scheinen, an der ganzen Laplace'schen Theorie sei gar nichts Gutes, was durchaus unrichtig wäre. Nicht das ganze Gebäude der Kant-Laplace'schen Theorie ist eingestürzt, sondern nur das von Laplace allein aufgerichtete zweite und dritte Stockwerk ist bei dem etwas übereilten Aufbau etwas fehlerhaft ausgefallen. Wir müssen nun suchen, auf demselben Fundament und demselben Unterbau das Material in einer stylgerechtern Form, d. h. einer den Beobachtungen einerseits und den Naturgesetzen anderseits mehr entsprechenden Darstellung, aufzuführen.

Um also die erste Schwierigkeit zu heben, welche die Rotationsgeschwindigkeit der Centralkörper betrifft, müssen wir uns klar zu machen suchen, wie die Rotation des ganzen großen Gasballes entstanden sein wird. Bereits früher wurde angedeutet, daß ein einzelner Gasball, welcher zu allen Zeiten isolirt existirt hat, nie eine Rotation in sich erzeugen kann. Diese Isolirtheit unseres solaren Nebelballes von allen andern Gebilden gleicher Art muß also aufgegeben werden.

Es war sonach ursprünglich nicht ein einziger Gasball, der dann das Sonnensystem gebildet hätte, sondern es waren sehr viele. Diese mochten eine Zeit lang für sich den Verdichtungsproceß durchgemacht haben; dann aber folgten sie dem Zug der Gravitation gegen einander. In sehr verwickelten Bahnen bewegten sie sich gegen einander,

ſtürzten allmählich einer in den andern, bis ſie ſchließlich den einen großen Centralball bildeten, der für unſer Sonnenſyſtem beſtimmt war.

Es iſt einleuchtend, daß die ſo entſtandenen zahlreichen Stöße der Nebelbälle nur ausnahmsweiſe eine centrale Richtung haben konnten. Auch wenn eine Maſſe ganz central gegen eine andere ſich bewegte, mußte ſie von den ſeitwärts ſtehenden Maſſen abgelenkt werden und folglich mit excentriſchem Stoß in jene hineinfallen. Jeder ſolcher excentriſche Stoß gegen die Centralmaſſe gab dieſer nun einen Impuls zur Rotation, und folglich iſt es im Princip ganz natürlich, daß ſchließlich eine dominirende Rotation wirklich entſtand.

Dennoch iſt die Sache, genauer betrachtet, nicht ſo einfach. Nehmen wir beiſpielsweiſe zwei Bälle an, welche in die abſolut ruhende Centralmaſſe ſtürzten. Der erſte wird durch den zweiten abgelenkt, trifft deshalb die Centralmaſſe excentriſch und gibt ihr einen Impuls zum Rotiren. Aber bald kommt auch der zweite Ball, welcher durch den erſten eine Ablenkung erlitten hatte, und dieſer gibt der Centralmaſſe einen entgegengeſetzten Impuls. Nun lehrt die Mechanik, daß der aus Beiden reſultirende Impuls zur Rotation genau gleich Null ſein muß. Wir würden ſomit, wie es ſcheint, niemals eine Rotation erhalten können.

Doch dem iſt nicht ſo. Nur wenn der abgelenkte und der ablenkende Gasball in die Centralmaſſe gelangen, heben ſich die Wirkungen auf. Allein es kamen auch Gasbälle aus ſo großen Entfernungen, daß ſie einige Wirkung auch von benachbarten Sonnen (d. i. Fixſternen) erlitten hatten. In ſolchen Fällen kam nur die abgelenkte Maſſe zur Sonne, nicht aber die ablenkenden. Somit mußte dann ein Netto-Gewinn an Kraft zu Gunſten einer Rotation eintreten. Auch die in ſolcher Weiſe entſtandenen vielen Rotations-Impulſe werden in verſchiedenen Richtungen wirkſam geweſen ſein, und deshalb theilweiſe ihre Wirkungen ſich gegenſeitig aufgehoben haben. Allein es gibt da kein Princip, nach welchem die ſchließliche Geſammt-Wirkung gleich Null ſein müßte. In irgend einer Richtung wird alſo nach dem Austoben jener Stoßkräfte eine Rotation vorwiegend geworden ſein.

In der Natur der Sache liegt es aber, daß jene zahlloſen Maſſen, welche für die Rotation der Sonne nichts beitrugen, ſondern nur die träge Maſſe derſelben vermehrten, früher mit dieſer ſich vereinigten als die andern, welche aus ſehr großen Entfernungen herbeikamen. Somit wurde der Sonnen-Embryo in den erſten Zeiten ſei-

ner Entwicklung von den umstehenden Massen gleichsam nur genährt, um an Masse zuzunehmen, ohne daß irgend ein bestimmter Trieb für eine Rotationsthätigkeit hätte geltend werden können. Im zweiten Stadium der Entwicklung aber kamen jene effectiv wirksamen Impulse, welche der Einwirkung der nachbarlichen Sonnen ihre Kraft entnahmen.

Die Rotation erfolgte also keineswegs, wie Laplace es sich dachte, als ob diese Eigenschaft allen Theilen gleichsam von Haus aus eigen gewesen und durch die Verdichtung nur in ein schnelleres Tempo gebracht worden wäre, sondern die eigentliche Hauptmasse war bis zu einem — vielleicht weitvorangeschrittenen — Grad von Verdichtung eine ruhende Masse, und erst durch noch weitere mit derselben sich vereinigende Gasbälle wurde sie allmählich und von Außen her zur Rotation gebracht.

Auch liegt es in der Natur der Sache, daß die aus sehr großen Fernen in unser System hereinstürzenden Gasbälle mehr excentrisch unsern Sonnen-Nebel trafen, daß — um astronomisch zu reden — die Perihel-Distanz ihrer Bahnen eine größere war als die der aus geringeren Distanzen herbeigekommenen Massen. In Folge davon werden jene aus weiter Ferne kommenden Massen in den ersten Zeiten, da unser Centralball noch weniger andere mit sich vereint hatte und deshalb relativ klein war, denselben vielleicht gar nicht getroffen haben, sondern factisch wie Kometen um denselben herumgelaufen sein. In späteren Zeiten aber, als der Halbmesser des Nebelballes sich sehr vergrößert hatte, mußten sie denselben streifen und dann sehr energisch zu einer Rotation antreiben.

Um diese ganze Auffassungsweise auch einigermaßen mit numerischen Angaben zu belegen, müssen wir uns die Distanzen unsrer nächsten Nachbar-Sonnen in's Gedächtniß rufen. Der nächste aller Fixsterne scheint α Centauri zu sein, dessen Parallaxe nach den neuesten Messungen Gill's 0″.75 beträgt. Die Entfernung ist demnach gegen 46½ Billionen Kilometer. Der zweite wird 61 Cygni sein mit circa 84 Billionen, dann 34 Groombridge mit 100 Billionen, Sirius mit 134 Billionen, Wega mit 140 Billionen, der Polarstern mit 170 Billionen Kilometer. Man wird also nicht zu hoch greifen, wenn man annimmt, daß die durchschnittliche Distanz der 12 nächsten Sterne wenigstens 100 Billionen Kilometer betrage. Was also innerhalb einer Sphäre von ca. 50 Billionen Kilometer lag, wird unsrer Sonne zugefallen sein, das außerhalb Liegende den Nachbar-Sonnen. Nach einer Seite — gegen α Centauri — wird unser Antheil kleiner

ausgefallen ſein, nach andern Richtungen aber auch größer. Was durchſchnittlich innerhalb einer Sphäre von 30 bis 40 Billionen Kilometer Halbmeſſer ſich befand, darf wohl füglich als dem Einfluß der Sterne nicht bemerkbar unterworfen angeſehen werden. Dieſer ganze Stoff wird alſo nur die träge Maſſe der Sonne vermehrt haben. Was aber aus den Diſtanzen 40, 50 bis 70 Billionen Kilometer kam, hatte von den Sternen eine entſprechend geſteigerte Einwirkung erfahren, und dieſe Maſſen bewirkten dann die Rotation des Sonnennebels.

Intereſſant iſt es auch, dieſe Vorgänge in ihrem zeitlichen Verlauf einigermaßen zu verfolgen. Würde jetzt, nachdem die Maſſe der Sonne bereits beiſammen iſt, noch ſo ein Nachzügler aus jenen Regionen kommen, ſo würde er für ſeine Herreiſe, wie leicht zu berechnen iſt, $15^{1}866800$, $21^{1}428530$, $34^{1}139980$, $44^{1}878090$ und $56^{1}552840$ Jahre verwendet haben, je nachdem er aus 30, 40, 50, 60 oder 70 Billionen Kilometer (von einigen Seiten mögen die Maſſen wegen größerer Diſtanz der Sterne noch weiter her gekommen ſein) Entfernung gekommen wäre. In den erſten Zeiten war die Maſſe der Sonne noch ſehr viel kleiner und folglich gingen auch jene Bewegungen bedeutend langſamer vor ſich. Dazu kommt aber noch, daß bei ſo weit herkommenden Maſſen die Anziehung der benachbarten Fixſterne nicht nur durch Ablenkung, ſondern noch mehr durch Verzögerung ſich geltend machen mußte. Wenn ein ſolcher Gasball fortwährend durch einen oder einige Sterne von der jenſeitigen Seite angezogen wurde, ſo iſt klar, daß ſeine Bewegung gegen die Sonne ſehr bedeutend verlangſamt werden mußte. Es entzieht ſich jeder Berechnung, wie lange eine ſolche Maſſe — um ſo zu reden — unſchlüſſig war, nach welcher Seite ſie ſich wenden, und von welcher Sonne ſie der Einladung definitiv folgen ſolle; und dann auch ferner, um wie viele Millionen Jahre die einmal angetretene Reiſe langſamer von Statten ging, als wenn die Anziehung der Sonne allein wirkſam geweſen wäre. Für manche dieſer Maſſen werden wohl einige 100 Millionen Jahre erforderlich geweſen ſein.

Da aber ferner dieſe Maſſen eben durch die Einwirkung der Fixſterne eine *ſtärkere Ablenkung* erlitten hatten, ſo werden ſie unſern Sonnen-Nebel zu Anfang gar nicht getroffen oder doch nur leicht geſtreift haben. Deshalb blieben ſie nicht ſofort mit der Sonnenmaſſe vereinigt, ſondern ſie durcheilten ihr Perihel, büßten dabei durch den Widerſtand der äußerſten Schichten nur einen kleinen Theil ihrer Geſchwindigkeit ein, um ſich dann wieder innerhalb eines faſt ebenſo

großen Zeitraumes bis zum Aphelium zu entfernen. Sie kamen dann ein zweites-, drittes-, zehntes-, vielleicht hundertstesmal in einer jedesmal etwas verkleinerten Bahn. Wer vermöchte auch nur mit entfernter Annäherung zu schätzen, wie viele Milliarden von Jahren vergehen mußten, bis endlich die Bewegungs-Energie dieser Massen durch den Widerstand des Sonnen-Nebels erschöpft, resp. in eigene Rotations-Energie umgesetzt war, und dieselben definitiv dem großen Centralball einverleibt wurden!

Diese Vorgänge sind allerdings sehr weit entfernt von dem, was wir gegenwärtig im Universum vor sich gehen sehen. Allein sie enthalten nicht nur nichts, was irgendwie gegen Naturgesetze oder beobachtete Thatsachen verstieße, sondern ohne dieselben würde die Rotation unsres Sonnen-Nebels gar nicht physikalisch erklärt werden können. Es scheint sonach, daß man dieselben annehmen muß.

Doch es finden sich auch thatsächliche Bestätigungen dieser Annahmen. Dahin gehören jene Nebelflecken, deren Contouren und Lichtlinien in spiralförmigen Windungen ausgezogen erscheinen, namentlich der schöne Spiral-Nebel in den Jagdhunden. Wie wäre ein solches Gebilde anders zu erklären als durch den excentrischen Stoß eines Nebelballes in einen andern? Ein solcher Stoß muß ein derartiges Gebilde zur Folge haben, während auf keinem andern Weg dessen Entstehung erklärt werden kann. -- Wohl ist die Zahl solcher Spiral-Nebel nicht groß; aber das beweist nichts gegen unsre Annahme. Denn in der großen Mehrzahl der Fälle wird die Masse, welche in einen Centralball hineinstürzte, verhältnißmäßig klein gewesen sein, und deshalb die Contouren desselben wenig geändert haben. Nur wenn einmal eine große Masse in eine andere stürzte, dann wird das Ganze so gründlich aufgewühlt worden sein, daß die regelmäßige rundliche Gestalt verloren ging und die leuchtenden Theile in Form von Spirallinien sich anordneten. Nebst dem wäre diese Seltenheit der Erscheinung eine gewisse Bestätigung für die mitgetheilten Längen der Zeitperioden, in welchen die Bewegungen jener Massen sich vollzogen.

Wir können also wohl mit Recht sagen, daß die Annahmen, welche wir machen, um die Rotation der kosmischen Nebelmasse zu erklären, sehr wohl begründet sind.

Wird nun aber die Entstehung der Rotation in der angegebenen Weise aufgefaßt, dann bietet die verhältnißmäßig langsame gegenwärtige Rotation der Sonne keine Schwierigkeit mehr. Die Haupt-

maſſe der Sonne und die, welche ſich zuerſt um das Centrum anſammelte, hatte eben von Haus aus gar keine Rotation, und konnte folglich auch durch die Verdichtung keine erlangen. Nur vereinzelte Impulſe mochten derſelben bereits mitgetheilt worden ſein; aber der eigentliche Antrieb kam erſt ſpäter von außen, indem die äußeren Schichten des die Sonne umgebenden Nebelballes eine weit ſtärkere Rotations-Energie beſaßen als der Centralkörper ſelbſt. In jenem Nebel und aus demſelben bildeten ſich die Planeten. Kein Wunder alſo, daß dieſe ihre Umläufe verhältnißmäßig ſchneller ausführten, als es der Rotationsdauer der Sonne für die betreffenden Diſtanzen entſprechen würde. Nur ein Theil des Nebels entging der Annexion durch die Planeten und gelangte bei fortſchreitender Verdichtung bis zur Sonne. Dabei gab er allmählich ſeine Rotations-Energie zum Theil an die Sonne ab und brachte dieſe dadurch ebenfalls in eine ſchnellere Rotation. Allein da die träge Maſſe der Sonne ſo überaus groß war, ſo iſt ganz natürlich, daß die Rotation nicht die Schnelligkeit erlangen konnte, welche die an die Sonne ſich anſetzenden Maſſen aus ſich haben würden.

Ein ſehr lehrreiches Nachſpiel von dieſen Vorgängen ſehen wir noch jetzt an der Sonne. Die Thatſache iſt allbekannt, daß die Rotationsgeſchwindigkeit der Sonne am Äquator ein Maximum, gegen die Pole ein Minimum iſt. Der Unterſchied iſt ſehr bedeutend, indem die Rotationsdauer gegen die Pole hin um $^1/_4$ des Ganzen länger zu ſein ſcheint als die der äquatorealen Zone. Die Erſcheinung iſt noch auffallender deshalb, weil in unſrer Atmoſphäre das Gegentheil ſtattfindet. Aber eine Erklärung derſelben gibt es eben noch nicht, und die Anſichten von R. Wolf, Faye und Spörer ſind weit davon entfernt, eine genügende Erklärung zu ſein. Nur P. Epping hat den rechten Weg gefunden, der weiter verfolgt zu einer Erklärung führen konnte. Aus der oben entwickelten Theorie ergibt ſich dieſe aber ſehr einfach. Die äquatoreale Zone der Sonnenatmoſphäre beſteht nämlich aus den letzten Theilen des Sonnennebels, welche erſt ſeit verhältnißmäßig kurzer Zeit der Sonne einverleibt worden ſind. Deshalb beſitzen ſie noch einen Theil des Geſchwindigkeits-Überſchuſſes, mit welchem ſie zur Sonne gelangten, während die gegen die Pole liegenden Theile bereits faſt vollſtändig ihren Überſchuß an Geſchwindigkeit abgegeben haben.

Sehr lehrreich iſt aber dieſe Erſcheinung deshalb, weil ſie thatſächlich beweiſt, daß die Wirkung der Reibung in Gaſen weit

geringer ist als von manchen Gelehrten und von Laplace selbst angenommen wird. Wenn diese verhältnißmäßig sehr dünne Schichte unter dem enormen Druck der Schwerkraft gegen die Sonne viele tausend Jahre hindurch noch ihre eigenthümliche Rotationsgeschwindigkeit beibehält, ohne dieselbe mit dem eigentlichen Sonnenkörper ausgeglichen zu haben, wie viele tausendmal geringer muß die Wirkung gewesen sein in Gasmassen, welche fast gar keinen Druck auf einander ausübten und unvergleichlich höher gewesen sind! Die besondere Beschaffenheit der Sonnen-Oberfläche, kraft welcher ein sehr starker Wechselaustausch zwischen höheren und tieferen Schichten stattfindet, verleiht dieser Erwägung nur noch ein weit größeres Gewicht.

Doch bis jetzt haben wir die erste Schwierigkeit gegen Laplace's Theorie nur zur Hälfte beseitigt. Dieselbe besteht nämlich nicht blos betreffs der Sonne, sondern auch in Bezug auf die Planeten; ja bei diesen ist sie eigentlich am stärksten begründet durch die Erscheinung des Trabanten Phobos.

Die Schwierigkeit betreffs der Planeten läßt sich nun aber ganz in gleicher Weise beseitigen. Allein dazu ist erforderlich, daß wir auch die Entstehung der Rotation der Planeten genauer in's Auge fassen. Damit greifen wir aber bereits in die zweite Schwierigkeit über, welche der Laplace'schen Auffassung seiner Theorie entgegensteht, und welche die „Ringtheorie" als unzulässig erscheinen läßt.

Welche Gründe Laplace gehabt haben mag, die Ringbildung als ein nothwendiges Mittelglied zwischen dem ursprünglichen planetarischen Nebel und der Bildung der Planeten selbst aufzustellen, wird schwer anzugeben sein. Aber auffallend ist, daß man so allgemein in dieser Hinsicht an der Laplace'schen Auffassung festgehalten hat. Ich erinnere mich noch sehr gut, wie ich in früher Jugend vor nunmehr fast 40 Jahren diese Theorie aus Littrow's „Wunder des Himmels" zum erstenmal studirte, und wie ich sofort diese Ringtheorie als unrichtig ansah. Der leichte jugendliche Sinn hatte vielleicht noch zu wenig Ehrfurcht vor der gewaltigen Auctorität Laplace's; und sehr bald hatte ich auch die ganze Planeten-Entwicklung in andrer Weise mir zurecht gelegt. Aber auch jetzt, nachdem der jugendliche Sinn sehr starke Dämpfungen erlitten hat, halte ich an meinen damaligen Auffassungen fest. Dieselben liegen so nahe und scheinen so selbstverständlich, daß es sonderbar wäre, wenn nicht Andere die gleichen

Ideen gefaßt hätten. Doch da ich sie nie ausgesprochen gefunden habe, werde ich sie in Folgendem in Kürze auseinandersetzen.

Nachdem also unser Sonnen-Nebel bereits eine stark condensirte Masse im Centrum hatte, und eine vielleicht 100 Erdweiten (à 150 Millionen Kilometer, genauer 149'650600 Kilometer) im Halbmesser haltende abgeplattete Nebelhülle um dasselbe rotirte, bildeten sich in diesem Nebel verschiedene Condensations-Centra ganz in gleicher Weise wie früher in dem Nebel, der das Universum ausfüllte. Die Umstände waren die gleichen, und deshalb ist gar nicht abzusehen, warum nothwendig erst Ringe hätten gebildet werden müssen, und dann erst innerhalb dieser Ringe die Verdichtungs-Centra. Der Einfachheit wegen nehmen wir einstweilen an, jedem zukünftigen Planeten habe nur ein Condensations-Centrum entsprochen. Es ändert sich im Wesentlichen gar nichts, wenn es ursprünglich mehrere waren, die aber nachher in einen zusammenflossen.

Diese Condensations-Centra entstanden aber nicht in derselben Entfernung von der Sonne, in welcher der entsprechende Planet gegenwärtig sich befindet, sondern wahrscheinlich in einer etwa fünfmal größeren Distanz, vielleicht auch in weit größerer Entfernung.

Die nächste Folge der Entstehung dieser dichteren Massen mußte nothwendig sein, daß dieselben etwas näher gegen die Sonne rückten und in Folge dessen auch ein wenig schneller sich bewegten als der umstehende Nebel. Ein solcher entstehender Planet war nämlich dreien Kräften unterworfen: 1) der Schwerkraft gegen die Sonne, 2) der Fliehkraft und 3) dem aërostatischen Auftrieb, welchen das umstehende gegen die Sonne gravitirende Gas auf ihn ausübte. Nothwendig mußte er also eine solche Distanz von der Sonne einnehmen, wo die erste dieser drei Kräfte von den beiden andern im Gleichgewicht gehalten wurde. Wenn nun die Dichte eines solchen Gasballes zunahm, dann wurde der aërostatische Auftrieb im Verhältniß zu den beiden andern Kräften schwächer; folglich bekam die Gravitation das Übergewicht, und der Körper näherte sich der Sonne. Dabei wurde die Arbeit der Anziehungskraft in Umlaufs-Energie umgesetzt; in Folge davon nahm die Fliehkraft zu (und zwar stärker als die Schwerkraft, wie bereits früher gezeigt wurde), und somit wurde das Gleichgewicht wieder hergestellt.

Dabei wurde die Geschwindigkeit des Gasballes nothwendig etwas größer als die der umstehenden Massen. Diese wurden also in langsamem Tempo durchlaufen, und der Gasball war somit in der

vortheilhafteſten Lage, um ſehr viel Stoff annectiren zu können. Die zunehmende Maſſe und die wachſende Dichte unterſtützten ſich gegenſeitig wie abwechſelnd Urſache und Wirkung, und ſo trug ein kaum entſtehender Nebelball die glückliche Veranlagung und Beſtimmung in ſich, allen Stoff ſich anzueignen, in deſſen Nähe ihn ſein Weg vorbeiführte. Dieſer Weg führte ihn aber in ſehr engen Spiralwindungen aus der etwa fünffachen Diſtanz bis zur gegenwärtigen. Es iſt klar, daß auf dieſe Weiſe ein ſehr großer Theil des urſprünglichen Sonnen-Nebels ſchließlich mit dieſen wenigen Gasballen vereinigt werden mußte. Der andere Theil aber, welcher dieſer Annexion entging wurde in fortgeſetzter Contraction der Sonne immer näher gebracht, und ſchließlich von dieſer ſelbſt aufgenommen.

In Folge dieſer allmählichen Auffangung der Nebelmaſſen durch die Planeten und durch die gleichzeitige Contraction des Ganzen gegen die Sonne mußte natürlich der Nebel dünner werden. Dadurch wurde der auf die Planeten-Bälle geübte Auftrieb ebenfalls kleiner, und dieſe mußten ſich der Sonne noch mehr nähern. Das ſchließliche Reſultat mußte offenbar ſein, daß ſich die Planeten der Sonne ſoweit näherten, bis die Fliehkraft allein und ohne allen Auftrieb der Schwerkraft gleich wurde. Damit kam das 3. Kepler'ſche Geſetz zur Geltung.

Die Annahme, daß jeder Planet in der fünffachen Diſtanz von der Sonne entſtanden ſei, iſt nicht ganz willkürlich. Die Geſchwindigkeit eines jeden Planeten iſt bekanntlich gerade ſo groß, wie ſie ſein würde, wenn derſelbe aus der doppelten mittleren Diſtanz ohne Anfangsgeſchwindigkeit bis zu ſeinem gegenwärtigen Ort frei und ohne Widerſtand gefallen wäre. Allein ziehen wir in Betracht, daß er auf ſeinen Spiralwindungen beſtändig einen anſehnlichen Widerſtand viele Millionen Jahre hindurch überwinden mußte, ſo ſcheint der Schluß gerechtfertigt, daß er aus größerer Diſtanz herbeigekommen ſei. Die bedeutend größere Energie welche dabei die Schwerkraft ihm mittheilen konnte, verbunden mit der größeren Anfangsgeſchwindigkeit aller Theile, reichten dann hin, um die durch den Widerſtand verbrauchte Energie zu liefern.

Wir haben alſo ein Sonnenſyſtem mit vielen die Sonne umkreiſenden Planeten, reſp. Gasballen, aus denen die Planeten werden ſollten. Aber haben wir auch eine Rotation?

Es iſt nicht ſchwer einzuſehen, daß in dem beſchriebenen Vorgang eine ſehr ausgiebige Urſache für eine rechtläufige Rotation ent-

halten ist. Denn ganz naturnothwendig mußte der große Sonnen-Nebel in den der Sonne näheren Theilen eine größere Dichte haben als in den entfernteren. Indem nun die kleineren Gasbälle jenen Nebel durchzogen mit einer etwas größeren Geschwindigkeit als dieser selbst besaß, mußten sie auch einen ungleichmäßigen Widerstand erleiden. Auf der der Sonne zugewendeten Seite war der Widerstand größer, auf der abgewendeten kleiner. Es resultirte somit eine retardirende Kraft, welche nicht durch das Centrum des Gasballes gerichtet war, sondern an einer der Sonne nähergelegenen Stelle desselben ihren Angriffspunkt hatte. Da diese Ursache viele Millionen Jahre beständig in gleichem Sinne wirksam war, so mußte nothwendig ein starker Antrieb zur Rotation erfolgen, und zwar in derselben Richtung, in welcher der Umlauf um die Sonne geschah.

Suchen wir auch für diese Vorgänge einigermaßen numerische Angaben zu gewinnen. Nicht als ob wir im Stande wären, genau die Größen und Zeiten zu errechnen, wie sie in Wirklichkeit waren, sondern vielmehr um uns zu versichern, daß die gemachten Annahmen nach den Gesetzen der Mechanik zu ganz plausiblen Resultaten führen und keinerlei Widerspruch mit denselben oder mit andern Thatsachen enthalten.

Betrachten wir beispielsweise unsere Erde, welche also nach der gemachten Annahme etwa da entstanden sein wird, wo jetzt die Bahn des Jupiter sich befindet, d. h. in der Entfernung von fünf Erdweiten von der Sonne. Während die zukünftige Erde in den engen Spirallinien sich ihrer jetzigen Bahn näherte, wurde ihr durch die Sonnen-Anziehung Energie mitgetheilt. Aber nicht die ganze Masse kam aus jener Entfernung, da ja dieselbe erst allmählich sich conglomerirte. Um diesen Umstand einigermaßen angenähert in Rechnung zu bringen, können wir annehmen, daß jene Energie etwa ebenso groß war, wie wenn die ganze Masse aus einer mittleren Distanz zwischen 5 und 1, also etwa $2^3/_4$ herabgekommen wäre. Dann ist die mitgetheilte Energie leicht zu berechnen nach der Formel $A = M.m.C.\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D}\right)$, wo d die „Erdweite" oder „Sonnenweite" bedeutet, und $D = 2^3/_4\ d$ zu setzen ist. Es ergibt sich, daß jeder Tonne (à 1000 Kilo) Erdmasse eine Energie mitgetheilt wurde = 57511400 Meter-Tonnen. Die gegenwärtige Umlaufs-Energie der Erde beträgt nur 45187500 Meter-Tonnen auf jede Tonne. Somit haben wir einen Überschuß = 12323900 Meter-Tonnen. Davon geht freilich

noch Etwas ab, nämlich die Arbeit welche der zu überwindende Auftrieb verzehrt hat; aber dafür kommt auch der Umstand hinzu, daß sowohl die Erde beim ersten Entstehen, als auch alle später hinzutretenden Massen bereits eine namhafte Anfangsgeschwindigkeit besaßen. Bleiben wir also bei dem berechneten Überschuß, so ist das soviel als eine ununterbrochen wirkende Pferdekraft in 52 Jahren leisten würde. Da die Erde 6020 Trillionen Tonnen [1]) an Masse besitzt, so würde der Kraft-Überschuß der Leistung von 6020 Billionen Pferden, welche 52 Millionen Jahre ununterbrochen wirken, gleichkommen. Das dürfte wohl hinreichen, um den Widerstand des bereits stark verdünnten Mittels, welches ohnehin nur mit einer kleinen Geschwindigkeits-Differenz durchsetzt wird, auszugleichen.

Einen kleinen Bruchtheil davon müssen wir allerdings noch für die Rotation beanspruchen. Die Rotations-Energie der Erde läßt sich leicht berechnen, da sie ebenso groß ist, als ob $^2/_5$ der Masse an einem Punkt des Äquators, oder je $^1/_5$ an zwei entgegengesetzten Punkten rotiren würde. Man findet, daß diese Energie 4411 Meter-Tonnen für jede Tonne der Erdmasse beträgt [2]). Das ist also etwa $^1/_{13040}$ der gegenwärtigen Umlaufs-Energie oder $^1/_{2794}$ jenes Überschusses, d. h. ein sehr geringer Bruchtheil desselben. Sonach ist kein Zweifel, daß die hier auftretenden Kräfte in vollem Maaß und weit mehr als genügend sind, um sowohl jenen Widerstand des Mittels zu überwinden als auch die Rotation der Erde hervorzubringen.

Nachdem wir nun die eigentliche Ursache der Rotation der Planeten nachgewiesen haben, können wir auch auf den zweiten Theil der ersten Hauptschwierigkeit zurückkommen. Die Lösung gibt sich auch hier sehr leicht, da die Umstände in der Hauptsache sehr analog sind denen, welche bei der Entstehung der Sonnen-Rotation obwalteten. Es ist klar, daß der Antrieb zur Rotation nicht die ganze Masse des Planeten-Balles durchdrang, sondern immer nur in der obersten Schichte seine Angriffspunkte hatte. Denn nur diese hatte den Widerstand des umstehenden Mittels auszuhalten, und nur in dieser entwickelte sich das Übergewicht des Widerstandes auf der der Sonne näher liegenden Seite. Obgleich auch die inneren Schichten kurze Zeiträume hindurch einen Antrieb zur Rotation erhielten, so lange nämlich als jede einzelne derselben die oberste Schichte war, so geschah doch die Haupt-

[1]) Als mittlere Dichte der Erde nehme ich 5.56 an, und die Dimensionen derselben entsprechend dem „typischen Erd-Sphäroid" nach Listing.

[2]) Der Betrag ist noch etwas geringer wegen der ungleichmäßigen Dichte der Erde.

wirkung erſt von den höchſten Schichten des faſt vollendeten Gasballes aus.

Der innere Grund hiefür iſt etwas verwickelter Natur. Der Antrieb, welcher durch den ungleichen Widerſtand auf zwei entſprechende links und rechts liegende Flächen-Elemente bewirkt wird, iſt proportional zu deren Abſtand, den wir mit x bezeichnen wollen, 1. weil dieſer den Hebelarm des Antriebes bildet, und 2. weil die Dichtigkeitsdifferenz denſelben proportional iſt, ſomit der Antrieb proportional zu x^2. Die Anzahl der Flächen-Elemente iſt aber proportional zu r^2, wenn r der Halbmeſſer des Balles iſt. Somit iſt das Drehungs-Moment des ganzen Antriebes proportional zu r^4. — Nun iſt die Maſſe der zu bewegenden oberſten Schichte proportional zu r^2; ihr Trägheits-Moment aber zu r^4. — Danach könnte es alſo ſcheinen, daß alle Schichten ſeiner Zeit bei gleicher Dauer der Einwirkung dieſelbe und gleiche Winkelgeſchwindigkeit erlangt hätten. — Allein es treten noch andere Umſtände hinzu: Als der Gasball noch ſehr klein war, bewegte er ſich mit einem äußerſt geringen Geſchwindigkeits-Überſchuß durch den Nebel; und erſt als er größer wurde, ſenkte er ſich tiefer in denſelben, und die relative Geſchwindigkeit wurde größer. Wir können wohl mit einiger Annäherung dieſen Geſchwindigkeits-Überſchuß als proportioal zum Radius des Balles annehmen. Nun iſt aber der Widerſtand des Mittels angenähert proportional dem Quadrat der Geſchwindigkeit, folglich wird auch der Antrieb zur Rotation nochmals im Verhältniß des Quadrates r^2 größer werden. Wir können alſo mit guten Gründen den Antrieb zur Rotation als proportional zu etwa r^6 annehmen. Das Trägheitsmoment der oberſten Schichte iſt proportional zu r^4. Folglich iſt die in gleichen Zeiten ertheilte Winkelgeſchwindigkeit beiläufig proportional zu r^2. Damit iſt das Übergewicht der äußerſten Schichten nachgewieſen; denn dieſelben werden beiſpielsweiſe eine 100mal ſtärkere Beſchleunigung der Rotation erleiden, als zu ihrer Zeit diejenige Schichte, welche dem Centrum des Balles 10 mal näher ſteht, erlitten hatte.

Es war alſo auch hier bei den Planeten der bei weitem größte Theil des Antriebes zur Rotation in den höchſten Schichten wirkſam (bei der Erde etwa in dem Abſtand von 70 der gegenwärtigen Erd-Halbmeſſer), und die inneren Theile bildeten eine verhältnißmäßig ruhende träge Maſſe, welche erſt ganz allmählich durch die ſich tiefer und tiefer ſenkenden Maſſen mit in ſchnellere Rotation verſetzt werden mußte.

Damit ſchwindet alſo die erſte Schwierigkeit, welche in der zu langſam ſcheinenden Rotation der Centralkörper begründet war, auch in Bezug auf die Planeten. Wenn ein Planet auch längere Zeit braucht zu einer Rotation, als ſein Satellit zu einem Umlauf, ſo iſt das keine Schwierigkeit mehr gegen die Laplaee'ſche Theorie im Allgemeinen, ſondern nur gegen den unweſentlichen Theil derſelben und die ſpeeielle Auffaſſungsweiſe eines Gliedes der Entwicklung, welche wir als „Ringtheorie" bezeichnet haben. Nachdem dieſe ausgeſchieden iſt, gibt die Theorie in vollem Einklang mit den Geſetzen der Natur klaren und genügenden Aufſchluß über alle Erſcheinungen, für welche überhaupt Aufſchluß von der Theorie erwartet werden kann.

Die Ringtheorie iſt alſo unrichtig; jedoch nicht prineipiell und aus inneren Gründen, ſondern nur thatſächlich und wegen äußerer Umſtände. Die Ringbildung iſt nicht unmöglich, wie ja ſchon die Saturnsringe beweiſen; und auch um die Sonne hätte ſich eine rieſige Ringſcheibe bilden können. Dieſe Bildung unterblieb nur deshalb, weil eine andere Entwicklung ihr zuvorkam. Nach Laplaee hätten innerhalb eines Ringes ein oder mehrere Gasballen entſtehen ſollen, welche beſtimmt waren, den Ring zu verzehren. Nun kamen aber dieſe gierigen Geſchöpfe früher zur Welt als die Ringe ſelbſt. Kein Wunder, daß da jeder Anfang eines Ringes ſofort zerſtört werden und die entſprechende Maſſe der Annexion anheimfallen mußte. Nur der äußerſte Ring des Syſtemes bildet eine Ausnahme. Derſelbe hatte Zeit ſich zu bilden, und Neptun entſtand erſt ſpäter als er. Deshalb ging es dort auch ganz nach der (corrigirten) Laplaee'ſchen Auffaſſung, und Neptun rotirt deshalb und ſein Mond bewegt ſich rückläufig. Die Bewegung der übrigen Planeten und Trabanten aber iſt rechtläufig, weil die von Laplaee hiefür poſtulirten Ringe ſich nicht bilden konnten.

Die weitere Entwicklung des Planetenſyſtem's bietet keine Schwierigkeiten mehr. Die Syſteme zweiter Ordnung d. i. der Satelliten entſtanden in gleicher Weiſe, wie das Sonnenſyſtem im Großen ſich gebildet hatte. Die Satelliten mußten conſequent auch rotiren. Die Eigenthümlichkeit unſres Mondes, daß ſeine Rotation genau gleiche Dauer hat mit der ſideriſchen Umlaufszeit, und die möglicherweiſe auch bei andern Satelliten ſtattfindet, iſt allerdings aus der Gezeiten-Reibung zu erklären. Doch das iſt in dieſem Fall wohl auch zuläſſig und widerſpricht nicht dem, was oben über die Gezeiten

gesagt wurde. Denn 1. ist es ja recht wohl möglich, daß die Rotation welche der Mond vermöge seiner Entstehung schon haben mußte, ans sich bereits mit dem siderischen Monat nahe übereinstimmte, so daß es nur noch eines geringen Einflusses bedurfte, um eine völlige Übereinstimmung herzustellen, worin ja eben das specifische Streben der Gezeiten-Reibung besteht. 2. Die Wirkung kann recht gut erst dann stattgefunden haben, als auf dem Monde bereits (und noch) Oceane mit Brandungen existirten; und es kann in keiner Weise nachgewiesen werden, daß dieselbe bereits während des gasförmigen Zustand des Mondes stattgefunden habe. 3. Die Gezeiten welche von der Erde auf dem Mond erzeugt werden, sind sehr viel stärker als die welche die Sonne auf einem Planeten z. B. der Erde hervorbringt. So würde der Fluthberg auf dem Mond etwa 91 mal höher sein, als der, welcher auf der Erde von der Sonne erzeugt wird. Anderseits ist der Widerstand des Mondes gegen einen Rotations-Impuls über 1000 mal kleiner als der, welchen die Erde einem solchen entgegenstellt. Somit ist leicht zu ersehen, daß unter solchen Umständen die Gezeitenreibung von maßgebendem Einfluß auf die Geschwindigkeit der Rotation sein konnte. —

Wie nun der große Central-Körper des System's in Folge der Verdichtungswärme zu einer hellstrahlenden Sonne sich gestaltete, so ist dasselbe in kleinerem Maaßstab wahrscheinlich bei allen Planeten einmal geschehen. Die Hitze, welche in einem solchen Körper durch die Verdichtung entstehen mußte, läßt sich nach den gleichen Formeln berechnen, wie es oben für die Sonne geschah. Nehmen wir als Beispiel unsre Erde. Wir können wohl annehmen, daß dieselbe im frühesten Urnebel ein Volum einnahm, dessen Radius mindestens das Millionfache des gegenwärtigen betrug. Danach ist die Condensations-Arbeit $A = \frac{3}{5}\, m^2\, C \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{1000000\ r}\right)$, wofür einfach das Potential $H = \frac{3}{5}\, \frac{m^2\, C}{r}$ gesetzt werden kann. Dieses ist äquivalent mit der erzeugten Wärme, und folglich diese $= W = \frac{3\ m^2\ C}{5\ .\ r\ .\ 428\ .\ g}$ Wärme-Einheiten, und die Temperaturerhöhung $Te = \frac{3\ m\ C}{2140\ .\ r\ .\ g} = 8943°\ C$, wenn diese specifische Wärme $= 1$ angenommen wird. In Wirklichkeit ist diese weit kleiner, und man kann im Mittel wohl $c = 0.22$ annehmen. Damit erhalten wir die Tempe-

raturerhöhung = 40600° C. Dieſe Temperatur wäre wohl hoch genug, um die Erde ſehr ſtark hellglühend zu machen, auch wenn in Folge der beſtändigen Ausſtrahlung nur $^1/_{10}$ derſelben in einer früheren Zeitperiode gleichzeitig vorhanden geweſen wäre.

Doch zu dieſer Wärme kommt noch eine andere, welche durch die Cohäſions- und chemiſchen Kräfte hervorgebracht wird. Nachdem nämlich die Entwicklung der Weltkörper ſo weit gediehen war, daß nicht blos die Atome der chemiſchen Elemente aus den Uratomen ſich conſtituirt hatten, ſondern auch Verbindungen unter denſelben eintraten und außer dem gasförmigen auch der flüſſige und feſte Aggregats-Zuſtand ſich bildete, da kamen auch dieſe Kräfte zur Geltung. Das Weſen derſelben iſt uns nicht bekannt. Wir wiſſen jedoch, daß ſie auf die allgemeine Gravitation, ſofern dieſe ſtreng nach dem Newton'ſchen Geſetz wirkt, nicht zurückgeführt werden können. Wahrſcheinlich ſind ſie indeß dennoch mit dieſer Naturkraft im Grund identiſch; und wir müſſen dann annehmen, daß das Newton'ſche Geſetz nur eine Annäherung an die Wahrheit enthält, welche für größere Diſtanzen faſt vollkommen genau der Wirklichkeit entſpricht, während bei ſehr kleinen Diſtanzen die Kraft in einem weit ſtärkeren Verhältniß zunimmt, als das Quadrat der Diſtanz abnimmt. In Folge davon muß dann auch die Verdichtungs-Arbeit im letzten Stadium eine größere ſein als das Potential angibt, und die Wärme-Entwicklung muß ebenfalls durch die Thätigkeit dieſer Kräfte geſteigert werden.

Die Größe der durch dieſelben erzeugten Wärmemenge iſt durch zahlreiche Verſuche ermittelt worden. Wenn z. B. Waſſerſtoff und Sauerſtoff ſich zu Waſſergas vereinigen, ſo wird ſoviel Wärme entwickelt, daß eine gleich große Maſſe Waſſer — wenn das möglich wäre — auf 3800° C erhitzt werden würde. Wenn Kohlenſtoff und Sauerſtoff zu Kohlenſäure ſich verbinden, ſo würde eine gleichgroße Maſſe Waſſer auf 2127° erhitzt werden können. Ähnliche, doch meiſt kleinere Wärmeentwicklungen erfolgen bei andern chemiſchen Verbindungen. Wenn ferner Waſſergas zu Waſſer condenſirt wird, ſo würden gegen 600° C in dieſem Waſſer hervorgebracht werden, und wenn Waſſer zu Eis erſtarrt, wird nochmals durch die Cohäſionskräfte ſoviel Wärme frei, daß die Temperatur um ca. 75° ſteigen könnte. Ähnliches geſchieht bei allen andern Subſtanzen. Dieſe Wärmemengen ſind nicht zu vernachläſſigen. Bei ſehr großen Himmelskörpern, wie bei der Sonne und Jupiter, ſind ſie allerdings ziemlich verſchwindend klein im Vergleich mit der ganzen Verdichtungs-Wärme; aber

bei kleineren bilden ſie einen ganz erheblichen Bruchtheil der Geſammt-Wärme.

Es iſt ſonach ziemlich wahrſcheinlich, daß unſre Erde einestheils ſchon durch die Verdichtungs-Wärme auf eine ſo hohe Temperatur gebracht wurde, daß die Hauptmaſſe in hellglühendem feurig-flüſſigen Zuſtand ſich befinden mußte, daß aber anderſeits durch die Wirkung der chemiſchen Kräfte der Zuſtand des Selbſtleuchtens, wenigſtens auf einige Zeit, bedeutend erhöht wurde. Als die großen Maſſen von Waſſerſtoff und Sauerſtoff, welche jetzt vereint unſre Oceane ausfüllen, chemiſch ſich verbanden, muß dadurch die Hitze und der Glühzuſtand auf der Oberfläche ſehr erheblich geſteigert worden ſein, und die Erde mag damals wie eine kleine Sonne geſtrahlt haben. Der Prozeß konnte auch einige Jahrhunderte andauern, ſo lange nämlich bis in Folge der Ausſtrahlung die Temperatur überall weit unter die Diſſociations-Temperatur des Waſſergaſes (d. i. circa 2560°) herabgekommen und die Verbindung vollſtändig vollendet war.

Bei den übrigen Planeten wird ganz Ähnliches ſtattgefunden haben; aber die Wärmemengen ſind ſehr verſchieden von derjenigen der Erde. Wird die ſpecifiſche Wärme $c = 0{\cdot}220$ angenommen, ſo beträgt die Temperaturerhöhung durch Verdichtungs-Wärme bei Merkur 6590°, Venus 36000°, Erde 40630°, Mars 8950°, Jupiter $1^{1}180000°$, Saturn 410000°, Uranus 144000°, Neptun 164000° C. Die vier letzteren werden alſo wohl ſicher einmal als ſelbſtleuchtende Sterne hell geglänzt haben. Wahrſcheinlich werden aber auch die kleineren Planeten unter Mitwirkung der chemiſchen Kräfte eine kürzere Zeit hindurch dieſen Vorzug beſeſſen haben, obgleich wohl nicht alle zur gleichen Zeit [1]).

Unſere Sonne wurde alſo in jener fernen Vergangenheit nicht blos von mehreren dunklen Kugeln umkreist, ſondern von wirklichen, obgleich weit kleineren, Sonnen. Wie herrlich hätte damals der Anblick ſein müſſen für ein der Bewunderung fähiges Geſchöpf, wenn etwa auf einem der kleinſten hinreichend erkalteten Planeten Gott ſolche Weſen erſchaffen hätte! Wenn aber ſolche Beobachter dort nicht exiſtirt haben, ſo müßten wir in Gedanken ſchon ziemlich weit gehen, um ſolche zu finden, und das Ganze würde dann ſchon bedeutend an Großartigkeit und Pracht verloren haben. Von einem der Planeten,

[1]) Wegen der ſtärkeren Verdichtung gegen das Centrum müſſen alle dieſe Zahlen noch etwas größer angenommen werden.

welche muthmaßlich α Centauri umkreiſen werden, hätte man unſre Sonne als einen ſchwächeren Stern erſter Größe ſehen können. Bei demſelben hätte man mit ſtarken Fernröhren einen „Compagnon“ (Jupiter) von etwa 10. Größe in einem Abſtand von 3 Bogenſekunden wahrgenommen; auch noch ein zweiter Begleiter (Saturn) von 12. Größe wäre ſichtbar geweſen, und mit den mächtigſten Teleſkopen hätte man auch noch zwei andere (Uranus und Neptun) finden können. Unſre Erde aber wird wohl wegen der Nähe der Sonne zu keiner Zeit, auch ſelbſt damals nicht, als ſie in ihrem hellſten Glanz erſtrahlte, im Stand geweſen ſein, ſich in der Diſtanz einer Sternweite noch irgendwie bemerklich zu machen. So klein und unbedeutend iſt Alles, was uns groß ſcheint, wenn es aus einer weniger kleinen Entfernung betrachtet wird, oder wenn es neben etwas wirklich Großes oder doch bedeutend Größeres geſtellt erſcheint! —

V. Weitere Beſtätigungen und Einwendungen.

Die Darſtellung der kosmogoniſchen Theorien nach Kant-Laplace nebſt Verbeſſerungen dürfte in einer Weiſe geſchehen ſein, daß gleichzeitig auch die innere Berechtigung derſelben einigermaßen hervortrat. Doch wird es angemeſſen ſein, daß wir auch noch ſpeciell von dieſem Standpunkt aus einen Rückblick auf das Ganze werfen, nicht ſowohl um den Grad der Wahrſcheinlichkeit der Theorie, nach der Weiſe wie es von Laplace geſchah, numeriſch zu berechnen, als um uns im Allgemeinen über die Sicherheit derſelben mehr zu orientiren, und etwaigen Schwierigkeiten zu begegnen. Die ſpeciell numeriſche Feſtſtellung der Wahrſcheinlichkeit hat nämlich, trotz der Verwendung eines anſehnlichen mathematiſchen Apparates, am Ende doch weniger Werth, als es Manchem ſcheinen möchte, da ſie ja doch nicht alle Umſtände gebührend in Rechnung bringt und auch leicht durch irgend einen zuwiderlaufenden Umſtand (in unſrem Fall z. B. durch die rückläufige Bewegung des Neptun-Mondes) als hinfällig oder doch von fraglichem Werth erſcheinen könnte.

Es iſt nun ſchon bemerkt worden, daß eine Hauptſtütze unſerer Theorie in dem Rückwärtsſchließen aus dem gegenwärtigen Zuſtand des Univerſums auf die früheren enthalten ſei. Wir wurden da in

der That von vielen ganz verſchiedenen Standpunkten aus auf den einen Schluß hingedrängt, daß unſer ganzes Sonnenſyſtem urſprünglich ein großer Gasball oder, aſtronomiſch geſprochen, ein Nebelfleck geweſen ſein muß. Das iſt nun ſchon der weſentlichſte und Haupt-Theil der Kant-Laplace'ſchen Theorie, und ſomit erſcheint dieſer ſchon durch dieſe mehr allgemeine Betrachtung als in hohem Grad ſichergeſtellt.

Eine andere Art der Begründung oder Conſtatirung, welche ſich nicht blos auf die Theorie im Ganzen und Großen bezieht, ſondern auch auf einzelne Umſtände derſelben erſtreckt, wird auf dem umgekehrten Weg erzielt. Man geht von den Grundlagen aus, welche die Theorie aufſtellt, und verfolgt die Entwickelungen derſelben, wie ſie nach bekannten Naturgeſetzen erfolgen müſſen. Aus der Übereinſtimmung dieſer Entwickelungen mit den thatſächlichen Geſtaltungen ergibt ſich dann von ſelbſt ein Schluß auf die Richtigkeit der Theorie.

Die Forderungen, welche in dieſer Hinſicht an eine Theorie geſtellt werden können, dürften ſich nun wohl auf die folgenden drei zurückführen laſſen. Eine Theorie muß, um als wahr anerkannt zu werden, 1. eine naturgemäße urſächliche Erklärung bieten für diejenigen Erſcheinungen, zu deren Erklärung oder um derentwillen ſie aufgeſtellt wird. — 2. Weder hierin noch in Betreff anderer Erſcheinungen darf ſie irgend einen Widerſpruch zeigen mit dieſen ſelbſt oder mit phyſikaliſchen Geſetzen. — 3. Sie muß auch für ganz andere Erſcheinungen, welche bei der Aufſtellung der Theorie gar nicht in Berückſichtigung kamen, dennoch entweder eine wirkliche Erklärung bieten, oder doch wenigſtens einiges Licht über dieſelben verbreiten. Das iſt in der That die Signatur der Wahrheit, daß ſie mit andern anerkannten Wahrheiten im harmoniſchen Verband ſteht. Es gibt eben keine Wahrheit, welche für ſich iſolirt ſtände, ſondern ſelbſt in den allereinfachſten Wiſſenſchaften iſt jede Wahrheit mit allen andern in einer unergründbaren Weiſe zu einem einheitlichen Syſtem gleichſam verwachſen. Deshalb wäre es immerhin ein Präjudiz gegen eine Hypotheſe, wenn ſie weiter nichts erklärte als eben nur das, wofür ſie aufgeſtellt wurde. So würde z. B. eine Theorie über die innere Conſtitution des Stoffes, welche vielleicht einige allgemeine Erſcheinungen erklärte, aber über die Fundamental-Geſetze der chemiſchen Verbindungen gar keinen Strahl von Licht verbreitete, wenig Ausſicht haben, jemals mehr als eine Hypotheſe zu werden.

Die Kant-Laplace'ſche Theorie wurde nun der Hauptſache nach aufgeſtellt, um die conſpirirende Bewegung aller Planeten von Weſt

gegen Oſt, die nahe Übereinſtimmung der Bahnen und Äquatore unter ſich und die nahe kreisförmige Geſtalt der Bahnen zu erklären. Es iſt aber leicht einzuſehen, daß dieſe Erſcheinungen wirklich in einer ſehr naturgemäßen einfachen Weiſe durch jene Theorie erklärt werden. Und zudem gibt es keine andere Theorie, welche für dieſelben thatſächlichen Verhältniſſe eine einigermaßen genügende Erklärung geben könnte. Somit wird auch von dieſem einen Geſichtspunkt aus unſre kosmogoniſche Theorie als in hohem Grad wahrſcheinlich anerkannt werden müſſen.

Doch ſo ganz einfach und leicht geht die Sache nicht; es gibt vielmehr gerade hierin noch einige anſehnliche Schwierigkeiten. Die Theorie ſcheint nämlich den fatalen Fehler zu haben, daß ſie *mehr* erklärt als ſie erklären darf, ohne mit den Thatſachen in Widerſpruch zu kommen. Sie gibt einen Erklärungsgrund an für die Übereinſtimmung in der Lage aller Bahnen und der Bewegungsrichtung in denſelben. Allein dieſer Grund ſcheint vollkommen hinreichend für eine *abſolute* Übereinſtimmung der Bahnlagen, und eine ſolche ſcheint er zu verlangen. In Wirklichkeit ſind aber die Bahnen weit entfernt, abſolut mit einander übereinzuſtimmen. Somit erſcheint die Harmonie der Theorie mit den thatſächlichen Verhältniſſen als eine ſehr fragliche. Und in der That iſt dieſer Umſtand von verſchiedenen Seiten als ein höchſt gewichtiger Gegengrund gegen die Laplace'ſche Theorie vorgebracht worden, welcher noch bis dato nie habe beſeitigt werden können und folglich die ganze Theorie in Frage ſtelle.

In Wirklichkeit iſt indeß dieſer Gegengrund doch nicht von ſo weittragender Bedeutung. Zunächſt iſt zu bemerken, daß 1. die gewöhnlich angegebenen Zahlen für die Neigungswinkel der Planetenbahnen ein wenig zu groß ſind. Dieſelben werden nämlich einfach auf die Erdbahn als Fundamental-Ebene bezogen, da doch dieſe Bahn ein ſolches Privilegium durchaus nicht beanſpruchen kann. Wenn man alle Planetenbahnen mit der zugehörigen Bewegungsgröße des betreffenden Planeten nach einem ganz dem Parallelogramm der Kräfte analogen Princip mit der Bewegungsgröße der Sonnenrotation zuſammenſetzt, dann erhält man die wirkliche Fundamental-Ebene unſers Sonnenſyſtems, gegen welche die Abweichungen der einzelnen Bahnen im Mittel den kleinſten Werth haben. Die genaue Berechnung dieſer Ebene iſt langwierig und auch von geringer Wichtigkeit. Angenähert fällt ſie zuſammen mit einer Ebene, welche gegen die Ekliptik um 2° geneigt iſt und den aufſteigenden Knoten in 90° Länge hat. Gegen dieſe Ebene betragen die Neigungen von

☿ ♀ ♁ ♂ ♃ ♄ ♅ ♆ Sonnenäquator

5^{46} 0^{49} 2^{0} 1^{23} 0^{42} 1^{0} 1^{16} 1^{13} 5^{46}; während sie gegen die Ekliptik

7^{0} 3^{24} 0 1^{51} 1^{19} 2^{29} 0^{46} 1^{47} 7^{0} betragen. Die noch reſtirenden Abweichungen würden nicht merklich kleiner werden, wenn ſie auch auf die genaue mittlere Fundamental-Ebene bezogen würden. Allein ſie ſind doch immerhin zu bedeutend, als daß ſie einfach als „zufällige Abweichungen" mit in Kauf genommen werden dürften.

Die Schwierigkeit wird dagegen noch größer, wenn auch die Lage der Mondbahnen und Äquatore in Betracht gezogen werden, wie es von Laplace geſchah, da dann Abweichungen bis gegen 30° vorkommen. Und auch bei den kleineren Planeten gibt es eben ſo große Abweichungen.

Doch 2. iſt leicht einzuſehen, daß dieſe ganze Schwierigkeit eben nur gegenüber der Laplace'ſchen Auffaſſung des Syſtemes von Bedeutung iſt, nicht aber dem Syſtem ſelbſt gegenüber. Wenn an der „Ringtheorie" feſtgehalten wird, dann dürfte ſie in der That kaum genügend beantwortet werden können. Denn es iſt klar, daß nach dieſer Theorie die Bahn jedes Planeten und Trabanten genau die Ebene des Ringes ſelbſt ſein müßte, und ebenſo, daß alle Ring-Ebenen genau mit der Ebene des Äquators des großen Nebels zuſammenfallen müßten. Laplace hat aber kein Wort der Entgegnung auf eine ſolche Schwierigkeit. Sehr möglich, daß er deshalb ſchwieg, weil er keine gediegene Antwort auf dieſelbe finden konnte. — Nun, wir haben die „Ringtheorie" bereits abgethan, und ſtehen auf dem Standpunkt der corrigirten Laplace'ſchen Theorie. In dieſer ergeben ſich aber ohne Mühe Anhaltspunkte, durch welche das Gewicht dieſer Schwierigkeit ſehr weſentlich verringert erſcheint.

Da nämlich 3. die Entſtehung der Planeten nicht örtlich gebunden iſt an einen Äquatorial-Ring des Sonnen-Nebels, ſo konnten die einzelnen Planeten an jeder Stelle dieſes Nebels ihren Urſprung haben. Wenn nun z. B. unter einer Breite von 70° ein ſolcher kleinerer Nebelball entſtand, ſo mußte er von Haus aus ein Beſtreben haben, eine Bahn zu erhalten, welche um 70° gegen den Äquator des Syſtemes geneigt wäre. Auch von den annectirten Maſſen muß ein großer Theil ein ganz ähnliches Beſtreben beſeſſen haben. Allerdings mußte dasſelbe bald wirkſam und anhaltend abgeſtumpft werden, hauptſächlich deshalb, weil allmählich die Geſchwindigkeit des Gasballes zunahm und folglich ſeine Bewegung ſich immer mehr der Richtung von Weſt gegen Oſt als derjenigen des geringſten Widerſtandes

nähern mußte. Jedoch dürfte es sehr fraglich sein, ob jenes anfängliche Bestreben durch die allgemeine Rotation von West gegen Ost gänzlich hätte überwunden werden können. Somit hätten wir in diesem einen Umstand bereits eine Ursache, welche für die Erklärung der abweichenden Bahnlagen als vollkommen ausreichend angesehen werden dürfte.

Doch es kommt 4. noch ein Umstand von größerem Belang dazu. Ein wesentlicher Faetor bei der Bildung unsers Planetensystems ist in den zahllosen Massen enthalten, welche, aus sehr großen Fernen kommend, dem Sonnennebel allmählich einverleibt wurden. Wohl der bei weitem größere Theil der Gesammtmasse wird von diesen kleineren Massen zusammengesetzt worden sein, welche in Gestalt riesiger Kometen jene durchzogen. Bei weitem die Mehrzahl derselben wird nun allerdings der Central-Masse, d. i. effective der Sonne einverleibt worden sein; allein es ist kein Grund vorhanden, weshalb solche Massen nicht auch bisweilen auf die einzelnen Planeten sollten gestoßen sein. Man hat berechnet, daß bei der noch gegenwärtig bestehenden Häufigkeit der Kometen ein Zusammenstoß mit der Erde nur etwa in je 100 Millionen Jahren einmal als wahrscheinlich anzusehen sei. Wenn nun aber die Menge und Größe dieser kosmischen Massen noch 100 oder vielleicht 1000 mal größer war, und auch die Erde in ihrem früheren Zustand denselben eine 1000 mal größere Fläche darbot, dann ist klar, daß solche Stöße in verhältnißmäßig großer Anzahl erfolgen mußten. Ebenso einleuchtend ist es aber, daß ein derartiger Stoß auf einen Planeten, sowohl dessen Bahn-Ebene und deren Excentricität als auch die Rotations-Ebene wesentlich beeinflussen mußte.

Hiebei ist noch ein Umstand von Wichtigkeit, welcher diese Erklärungsweise mit den wirklichen Verhältnissen noch mehr in Harmonie bringt. Jener Einfluß mußte nämlich sowohl in Bezug auf die Bahn-Ebene als auf die Rotations-Ebene um so größer sein, in je früherer Zeit ein solcher Stoß erfolgte. Denn die Masse eines Planeten war dann noch geringer und auch die Geschwindigkeit kleiner. Es wird also leicht eine Masse von $^1/_{1000}$ der jetzigen Erdmasse hingereicht haben, um die Lage der Erdbahn um 1 Grad zu verändern. Aber in Betreff der Rotations-Ebene ist der Einfluß verhältnißmäßig noch weit stärker gewesen; denn die Quantität der Rotationsbewegung ist aus sich schon weit geringer als die der Umlaufsbewegung, und überdies ist sie im ursprünglichen gasförmigen Zustand noch sehr viel kleiner gewesen, auch wenn die Masse als unverändert angenommen wird. Sie ist nämlich (gleichförmige Dichte vorausgesetzt) umgekehrt

proportional dem Radius des Nebelballes. Für unſre Erde z. B. läßt ſich danach leicht berechnen, daß damals, als ihr Radius noch 70 mal größer war, eine kosmiſche Maſſe von $^1/_{10600}$ der Erdmaſſe hingereicht haben würde, um bei beſonders günſtiger Angriffsweiſe die Rotation der Erde vollſtändig zu ſiſtiren. Es iſt alſo leicht einzuſehen, daß die Wirkung auf die Ebene der Äquatore und Mondbahnen im Allgemeinen eine ſtärkere ſein mußte als die auf die Lage der Bahnebenen ſelbſt gerichtete. Dieſer Umſtand ſtimmt nun aber vollkommen überein mit dem was die Beobachtungen lehren, und ſomit iſt er ſchon aus ſich ein neuer Grund, der für die Richtigkeit dieſer Erklärung ſpricht.

Über die Zeit, zu welcher jene Stöße ſtattfanden, über die Anzahl und Richtung läßt ſich natürlich nichts Näheres angeben. Das iſt aber auch nicht nothwendig, da es ſich nur darum handelt, im Allgemeinen ſolche Ereigniſſe feſtzuſtellen, ſo weit es erforderlich iſt, um eine Einwendung zu entkräften. Dennoch können auch einige Einzelheiten aus den noch beſtehenden Wirkungen nachgewieſen werden. So muß z. B. die Ablenkung der Rotations-Ebene von Saturn und Jupiter in ſehr frühen Perioden geſchehen ſein, als deren Trabanten noch nicht gebildet waren, da die Bahnen derſelben mit der Äquator-Ebene des Hauptplaneten übereinſtimmen. Das Gleiche gilt für Mars. Für unſre Erde aber muß angenommen werden, daß nicht nur vor Abſcheidung des Mondes eine Ablenkung der Rotationsaxe um ca. 5° erfolgt ſei, ſondern daß auch nachher noch die Rotationsaxe der Erde allein durch weitere Stöße um ca. 18° abgelenkt wurde. Ferner muß die Centralmaſſe des Sonnen-Nebels nach Abſcheidung des Planeten Venus noch von ſo zahlreichen Stößen beeinflußt worden ſein, daß die Lage des Sonnen-Äquators noch um ca. 5° geändert wurde. Dagegen iſt in der ſpäteren Periode nach Abſcheidung des Mercur eine ähnliche Annahme nicht mehr begründet, da die Mercursbahn ziemlich nahe mit der Ebene des Sonnen-Äquators übereinſtimmt. —

Neben dieſer Schwierigkeit ſollte nun auch die kurze Umlaufszeit des Phobos und ähnliche Erſcheinungen zur Sprache kommen, welche in neuerer Zeit ein Haupt-Argument gegen die Kant-Laplace'ſche Theorie abgegeben haben. Doch wir haben dieſe Schwierigkeit bereits bei der Darlegung des Syſtemes ſelbſt beſeitigt. Ihr zum Opfer iſt nicht das Syſtem gefallen, ſondern nur eine gezwungene nicht naturgemäße Auffaſſung desſelben, die „Ringtheorie“; und anſtatt dieſer

wurde eine einfachere naturgemäßere Auffaſſungsweiſe aufgeſtellt, welche, ohne das Weſen der Theorie zu ändern, dieſe Schwierigkeit gänzlich beſeitigt.

Auch die rückläufige Bewegung des Neptuns-Trabanten iſt bereits ſo weit beſprochen worden, daß erſichtlich iſt, wie aus derſelben keine gewichtige Einwendung gegen unſre Theorie entnommen werden kann. Während ſie allerdings zu der urſprünglichen Kant-Laplace'ſchen Theorie in einem unvermittelten Widerſpruch ſteht, iſt ihre Erklärung aus der corrigirten Theorie ſo einfach und befriedigend, daß vielmehr eben hieraus ein Grund mehr für die Richtigkeit der ſo abgeänderten Theorie ſich ergibt.

Die Erſcheinung der Uranus-Trabanten, deren Bahn faſt ſenkrecht ſteht zu der des Planeten ſelbſt, kann folgerichtig ebenſowenig eine ernſte Schwierigkeit bilden. Denn da der Neptunsmond rückläufig iſt und die Monde von Saturn und Jupiter rechtläufig, und zwar beides in vollkommener Harmonie mit der Theorie, ſo iſt einleuchtend, daß zwiſchen dieſen beiden Erſcheinungen eine Stelle ſein wird, wo ein gewiſſer mittlerer Zuſtand herrſcht, und keiner von beiden zur vollkommenen Durchbildung gelangen konnte. Es wird dort eine ſchwache Ringbildung ſtattgefunden haben, welche aus ſich eine rückläufige Bewegung bewirken würde, aber der Ring wird vermuthlich etwas ſpät entſtanden oder bald zerſtört worden ſein, ſo daß dann die Urſachen einer rechtläufigen Rotation vorherrſchten. Das Reſultat konnte dann entweder aus ſich eine mittlere Lage der Rotationsebene ſein, oder die Rotation konnte allenfalls auch gänzlich aufgehoben werden, um dann durch irgend einen Stoß einer kosmiſchen Maſſe wieder angeregt zu werden — natürlich in einer Richtung, welche mit der Bahn des Planeten in keinem Zuſammenhang ſteht.

Es dürfte ſonach kaum eine Erſcheinung oder ein Umſtand im ganzen Planetenſyſtem zu finden ſein, der eine irgendwie ernſtliche Schwierigkeit gegen die Kant-Laplace'ſche Theorie begründen könnte — oder vielmehr der nicht ſelbſt in dieſer Theorie eine ganz genügende Erklärung fände.

Dies führt uns ſchon zu dem dritten der drei oben aufgeſtellten Kriterien, nach welchem eine Theorie in demſelben Maß an Sicherheit gewinnt, als ſie auch für Erſcheinungen eine naturgemäße Erklärung bietet, welche bei Aufſtellung der Theorie gar nicht in Betracht gezogen worden waren. Unſere Theorie hat dieſes Kriterium nicht zu ſcheuen, denn die Erklärungen, welche ſie bietet, reichen nicht

nur weit über die Erscheinungen hinaus, für deren Erklärung sie aufgestellt wurde, sondern man kann vielleicht sagen, daß alle Erscheinungen, welche überhaupt von einer kosmogonischen Theorie eine Erklärung erwarten können, in dieser Theorie eine ebenso einfache als vollständige Erklärung finden.

Hieher gehören vor allem die thermischen Erscheinungen der Himmelskörper. Die so wichtige Frage nach dem Ursprung der mächtigen Strahlung von Licht und Wärme, welche beständig der Sonne und den Fixsternen entströmt, und ebenso die Frage nach der Natur und Ursache der inneren Wärme der einzelnen Himmelskörper — diese kamen bei Aufstellung der Theorie in gar keiner Weise in Betracht. Laplace redet nicht mit einem Wort über dieselben, und Kant hatte vollkommen irrige Ansichten über das Licht und die Wärme der Sonne, und die innere Erdwärme wird von ihm ebenfalls vollständig ignorirt. Und trotzdem, und obgleich auch noch mehrere Decennien hindurch nach der Aufstellung der Theorie gar kein Versuch gemacht wurde, dieselbe auf jene Erscheinungen anzuwenden — sehen wir dennoch jetzt, daß diese wichtigen Fragen in dieser Theorie eine äußerst einfache naturgemäße und vollkommene Lösung finden, während andererseits keine andere Theorie eine auch nur im Entferntesten genügende Erklärung für dieselben bieten kann.

Sehr bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht, daß Jupiter, welcher als der größte Planet des Systems in mancher Beziehung der Sonne näher steht als die andern, auch noch Spuren des Selbstleuchtens aufweist. Es gibt zeitweise Flecken auf diesem Planeten, welche mehr Licht ausstrahlen als von der Sonne auf sie gelangen kann, oder — um den wissenschaftlichen Ausdruck zu gebrauchen — deren „Albedo" größer ist als die Einheit. Das Factum ist nur erklärlich, wenn angenommen wird, daß der eigentliche Kern des Planeten wenigstens noch stellenweise im Zustand des leuchtenden Glühens sich befindet. Die rein aus der Theorie abgeleitete Wahrscheinlichkeit, daß Jupiter einmal eine kleine Sonne gewesen sei, findet sich also durch die Beobachtungen noch aus gewissen Spuren bestätigt.

Eine andere merkwürdige Erscheinung wurde bereits früher erwähnt, daß nämlich die Rotation der Sonne in den Äquatorial-Gegenden eine sehr viel raschere ist als gegen die Pole hin. Dieser Umstand ist offenbar eine Bestätigung desjenigen Theiles der Theorie, welche über die Entstehung der Rotation handelt, da nur in dieser

Theorie eine befriedigende Erklärung der Erſcheinung gegeben werden kann.

Merkwürdig aber iſt, daß auch hierin Jupiter wieder eine Ähnlichkeit mit der Sonne aufweist. Die hellen weißen Flecken, welche zeitweiſe neben den Äquatorial-Streifen des Jupiter auftreten, rotiren nämlich bedeutend ſchneller als z. B. der rothe Fleck, welcher ſechs Jahre hindurch in etwa 30° Breite ſichtbar war, derart, daß in je 45 Tagen der gleichzeitig ſichtbare weiße Fleck eine volle Rotation mehr ausführte als der rothe Fleck. Nach dem, was über die Entſtehung der Rotation der Planeten geſagt wurde, iſt dieſe Erſcheinung ſehr einfach zu erklären, und ſomit bildet auch ſie hinwieder eine Bekräftigung dieſer theoretiſchen Anſchauungen. Wenn man im Stande wäre, auf Saturn eben ſo ſcharf einzelne Gebilde zu unterſcheiden wie auf Jupiter, ſo würde ſehr wahrſcheinlich auch auf Saturn die gleiche Erſcheinung beobachtet werden können.

Eine weitere Beſtätigung unſrer kosmogoniſchen Theorie kann in der Harmonie gefunden werden werden, in welcher dieſelbe mit den wohlbegründeten geogoniſchen Theorien ſteht. Wie denn überhaupt dieſe beiden Wiſſenſchaften nicht von einander getrennt werden können, ſo gibt es auch auf dem Gebiete der Geogonie noch manche Erſcheinungen, welche eine befriedigende Erklärung und allſeitige Klarſtellung nur vom Standpunkt jener kosmogoniſchen Theorien erhalten können. Schon das einfache Factum der Abplattung der Erde kann hierher gerechnet werden, da es nur unter Annahme eines früheren feurig-flüſſigen Zuſtandes der Erde genügend erklärt werden kann. Auf andere Beziehungen unſrer Theorie mit der Geogonie werden wir noch im Beſonderen unſre Aufmerkſamkeit richten.

Eine eigenthümliche Erſcheinung in unſrem Planetenſyſtem iſt es, daß die verſchiedenen Planeten nicht nur verſchieden ſchnell rotiren, ſondern daß faſt ganz geſetzmäßig die Rotationsdauer deſto kürzer iſt, je größer der Planet. Eine eigentliche Erklärung für dieſe Erſcheinung hat meines Wiſſens noch Niemand gegeben. Wenn wir aber dieſelben Anſchauungen, welche uns bei der Erklärung der Rotation der Planeten leiteten, nur ein wenig ausdehnen, ſo ergibt ſich die Nothwendigkeit dieſer Erſcheinung von ſelbſt. Es fehlt in der That nicht viel daran, daß man die Rotationsdauer eines Planeten ſogar a priori berechnen könnte. Und vielleicht könnte das wirklich mit einiger Genauigkeit geſchehen, wenn wir mit mehr Genauigkeit

bestimmen könnten, wie groß der Einfluß der verschiedenen dabei mitwirkenden physikalischen Ursachen sei.

Betrachten wir z. B. den Planeten Jupiter. Der Radius desselben ist etwa 11 mal größer als der Erd-Radius. Der Antrieb zur Rotation wird also gemäß den früher angedeuteten theoretischen Betrachtungen ceteris paribus etwa 11^6 oder 1,770000 mal größer sein als derjenige, welcher die Erd-Rotation bewirkte. Doch die Geschwindigkeit ist nur 0·417 von der Bahngeschwindigkeit der Erde, und folglich ist der Antrieb kleiner im Verhältniß $0{\cdot}417^2 : 1$ oder 0·147 : 1. Und auch die Dichte des widerstehenden Mittels ist geringer. Nehmen wir an, daß dieselbe in der 5fachen Distanz 3mal kleiner sei, so wird der Antrieb nochmals im Verhältniß 1 : 3 kleiner. Sonach ist derselbe noch 102500 mal größer als der für die Erde geltende. Nun ist aber die Masse des Jupiter etwa 310 mal größer als die der Erde, und somit das Trägheitsmoment gegen 37500 mal größer. Danach müßte die Rotation 1025 : 375 oder 2·74 mal rascher sein als die der Erde. In Wirklichkeit ist sie 2·46 mal schneller. Die Übereinstimmung ist in Anbetracht einiger nur auf roher Schätzung beruhenden Annahmen jedenfalls befriedigend. Wenn einmal die gewaltige Atmosphäre des Jupiter ganz auf den Planeten wird concentrirt worden sein, dann wird das Resultat der Rechnung noch besser mit der Wirklichkeit stimmen. Indeß soll auf solche kleinliche Umstände kein besonderes Gewicht gelegt werden, da vielmehr nur im Allgemeinen die Übereinstimmung der thatsächlichen Verhältnisse mit der Theorie nachgewiesen werden soll.

Auch die Dichte der Planeten zeigt einen ziemlich regelmäßigen Verlauf, indem Mercur die größte Dichte besitzt, und dann im Großen und Ganzen die Dichte um so mehr abnimmt, je weiter der Planet von der Sonne steht. Eine ziemlich annehmbare Erklärung hierfür liegt sehr nahe, da es ganz naturgemäß erscheint, daß die dichteren Bestandtheile des ursprünglichen Stoffes ein Bestreben haben mußten, dem Centrum der Sonne näher zu kommen, als die weniger dichten Theile. Die Gesetzmäßigkeit konnte indeß in den Erscheinungen noch nicht ganz zur Geltung kommen, da die verschiedenen Planeten weit entfernt sind, sich alle in dem gleichen Stadium ihrer Entwicklung zu befinden. So sind namentlich die vier äußersten Planeten wegen ihrer größeren Masse und inneren Hitze in ihrer Entwicklung noch weit zurück. Sie besitzen deßhalb noch sehr mächtige Luft- und Dampf-Atmosphären, durch welche es uns unmöglich gemacht wird, den eigentlichen

Kern dieſer Planeten zu ſehen und zu meſſen. Die Dichte derſelben iſt alſo einſtweilen für uns noch eine ganz unbekannte Größe. Die vier inneren Planeten zeigen aber im Allgemeinen eine ziemlich regelmäßige Abnahme der Dichte, indem Merkur 1·4, Venus 0·96, die Erde 1·0 und Mars 0·74 mal die mittlere Dichte der Erde beſitzen. Selbſt die vier äußern Planeten ſchließen ſich trotz des gedachten Umſtandes dieſer Reihe mit einiger Übereinſtimmung an. Iſt dieſelbe auch nicht mit der Schärfe eingehalten, wie wir andere phyſikaliſche Geſetze befolgt ſehen, ſo iſt doch ſicher in den thatſächlichen Verhältniſſen mehr als das Spiel eines Zufalls enthalten. Nun gibt es aber keine andere Theorie, welche hierfür irgend eine plauſible Erklärung bieten könnte, als eben die Kant-Laplace'ſche Theorie.

Die Maſſen der Planeten zeigen ebenfalls im Allgemeinen eine ganz ähnliche Regelmäßigkeit der Zu- und Abnahme. Mercur hat die geringſte Maſſe = 0·08 Erdmaſſe, Venus 0·85, die Erde 1·00, Mars 0·12, Jupiter 310, Saturn 101, Uranus 17, Neptun 18. Mit Ausnahme von Mars zeigt ſich alſo eine regelmäßige Zunahme von Mercur bis Jupiter, und dann wieder eine Abnahme. Dies iſt nun ganz in Harmonie mit der Kant-Laplace'ſchen Theorie. Denn die Umſtände, welche auf das Wachsthum eines Planeten von beſtimmendem Einfluß waren, ſind der Hauptſache nach 1. das Vorhandenſein von annectirbarem Stoff, 2. eine genügende Attractionskraft gegen das Condenſationscentrum, 3. die Möglichkeit, daß der angezogene Stoff ſeinen Wärme-Überſchuß abgeben konnte, um effectiv annectirt zu werden. Nun iſt zunächſt klar, daß in den größeren Entfernungen der urſprüngliche Stoff ſtufenweiſe dünner ſein mußte. Die Planeten jenſeits Jupiter wurden alſo ſtufenweiſe kleiner wegen Mangels an Stoff. Bei den inneren Planeten dagegen war allerdings der Nebel weit dichter; allein die Anziehung gegen dieſe kleinen Planeten war ſchwach, und der entſtehende Wärme-Überſchuß konnte bei der ringsum vorhandenen höheren Temperatur und der ſehr großen Entfernung von der Grenze des Nebels nur ſehr langſam abgegeben werden. Daraus ergibt ſich mit Nothwendigkeit, daß die Größe der Planeten in einer gewiſſen mittleren Diſtanz einen Maximal-Werth erreichen mußte, um von da ſowohl gegen Außen als gegen Innen abzunehmen. Für Mars müſſen wir allerdings eine Ausnahme ſtatuiren. Doch das bildet keinen Beweis gegen das Vorhandenſein der Geſetzmäßigkeit im Allgemeinen. Wir haben nur anzunehmen, daß Mars bei ſeinem Entſtehen aus uns nicht näher bekannten Urſachen ſich

etwas verspätete [1]). Er fand dann den Nebel in seiner Umgebung bereits stärker verdünnt und durch andere „Concurrenten" mehr ausgesaugt, als daß er noch zu einem solchen Umfange hätte gedeihen können, der ihm sonst wohl wäre beschieden gewesen. Aus demselben Grund wird dann auch seine kleine Familie von zwei Trabanten so schmächtig ausgefallen sein, während er sonst seiner Stellung in der Planeten-Familie nach wohl zwei stattliche Monde hätte beanspruchen können. So behauptete wenigstens bereits vor mehr als 2½ Jahrhunderten der geniale Capuziner P. Schyrl im Kloster Rheit bei Prag, der auch diese Monde sogar gesehen haben will. Auch Kepler schrieb an Galilei: „Ich wünschte nur, ich hätte ein Fernrohr, mit welchem ich dir in der Entdeckung der zwei um Mars kreisenden (soviel scheint mir die Proportion zu verlangen), und der sechs bis acht um Saturn sich bewegenden Trabanten zuvorkommen könnte."

Auch die Kometen können, wie bereits früher angedeutet wurde, einigermaßen als Zeugen aus uralter Zeit für die Richtigkeit der Kant-Laplace'schen Theorie angeführt werden. Denn während keine andere Theorie für die Existenz dieser Himmelskörper irgend eine Erklärung beibringen kann, ist dieselbe vom Standpunkt unsrer Theorie aus, fast etwas a priori selbstverständliches. Denn in den unermeßlichen interstellaren Himmelsräumen muß aus dem Urstoff eine unzählbare Menge kleinerer Gerinnsel entstanden sein. Diese mußten dann in Folge der Gravitation in sehr langgestreckten Bahnen um die nächste Sonne sich bewegen, und dabei aus der ursprünglichen rundlichen Gestalt in die von riesigen Kometen übergehen, wie wir das noch fortwährend an den noch erübrigenden kleineren Exemplaren beobachten können. Jedenfalls ist aber das, was noch jetzt beobachtet wird, nur noch ein sehr geringes Nachspiel von dem, was in den ältesten kosmogonischen Perioden vor sich ging. Damals mag wohl kaum eine Nacht vergangen sein, in welcher nicht ein oder mehrere solcher Himmelskörper, und oft von enormen Dimensionen, am Himmel geglänzt hätten. Das blaue Himmelszelt mag damals bei weitem schöner und interessanter gewesen sein als jetzt und ohne Vergleich mehr Abwechslung geboten haben. Aber der gütige Schöpfer hat es vorgezogen, uns dieses schöne Schauspiel vorzuenthalten und unser Menschengeschlecht erst dann ins Dasein zu rufen, nachdem jene kosmischen Kräfte bereits vollständig ausgetobt und ihr Spiel vollendet hatten. Es wäre aber auch in der That bei aller Naturschönheit doch nicht recht gemüthlich auf der Erde gewesen, wenn etwa alle

[1]) Für diese Annahme sprechen auch noch andere Gründe, s. unten.

hundert Jahre ein solcher fremder Geselle, mit der hundertfachen Geschwindigkeit einer Kanonenkugel heranstürmend, unsrem Planeten einen Stoß versetzen konnte, an dessen Folgen fast mit Nothwendigkeit das ganze Geschlecht hätte zu Grunde gehen müssen.

Die Bahnen der Kometen, welche jetzt noch vorhanden sind, werden wohl früher weit größer gewesen sein. Durch den Widerstand der im Planetensystem zerstreuten Nebel wurden sie immer kleiner; vielleicht auch durch den Einfluß eines der großen äußeren Planeten, dem sie etwa zu nahe kamen, wie dies ja noch vor einem Jahrhundert dem Lexell'schen Kometen von Seite des Jupiter widfahren ist. Aus dem ersteren Umstand mag wohl auch die Erscheinung zu erklären sein, daß bei aller Regellosigkeit in der Lage der Kometenbahnen, doch im Allgemeinen weit mehr Kometen zu den rechtläufigen gehören als zu den rückläufigen.

Die Theorie aus sich würde es als sehr wahrscheinlich erscheinen lassen, daß noch viele Kometen und vielleicht sehr große existiren, deren Perihel weiter als Jupiter oder auch als Neptun von der Sonne entfernt ist, und die wir deshalb wegen zu geringer Lichtstärke nie beobachten können. Da man indeß die Telescope in immer riesigeren Dimensionen herstellt und immer mehr Observatorien auf hohen Bergen erichtet, so wird man doch vielleicht noch dahin gelangen, solche Himmelskörper zu entdecken.

Noch eine nebensächliche Erscheinung unsres Planetensystem's wird von einigen Schriftstellern hervorgehoben, nämlich daß kein Fall vorkommt von einem Satelliten eines Mondes. Einige französische Gelehrte wollen darin eine Bestätigung ihrer (oben erwähnten) Gezeiten-Theorie finden. Es ist nicht nothwendig, viel darüber zu sagen. Vielleicht ist indeß die Bemerkung am Platz, daß wir über das behauptete Factum eigentlich nichts wissen. Mars hat seine zwei Satelliten, und man hat bis vor acht Jahren nichts davon gewußt. Wenn irgend ein Mond des Jupiter eben solche Trabanten hätte, so würden uns dieselben — gleiche Größe vorausgesetzt — 730 mal lichtschwächer erscheinen müssen, d. h. etwa so viel mal als ein dem bloßen Auge unsichtbares Sternchen schwächer ist als der hellstrahlende Abendstern. Wer wäre im Stande über die Existenz oder Nicht-Existenz solcher Himmelskörper irgend etwas Berechtigtes zu behaupten? Noch weniger kann offenbar in Bezug auf die Monde des Saturn oder Uranus und Neptun gesagt werden.

Dagegen können wir noch einen kosmischen Vorgang als mit un-

ſerer Theorie ſehr wohl harmonierend zu deren Bekräftigung beiziehen. Das räthſelhafte Erſcheinen von „neuen Sternen“ hat noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Es liegt aber ſehr nahe, dieſes Aufleuchten einer kosmiſchen Maſſe vom Standpunkt der Kant-Laplace'ſchen Theorie als die Wirkung des Zuſammenſtoßes zweier Maſſen zu betrachten. Die durch einen ſolchen entwickelte Hitze iſt jedenfalls ſtark genug, um eine nicht leuchtende Maſſe in den Zuſtand des hellen Leuchtens zu verſetzen. Indeß bleibt es dabei noch unerklärt, wie dieſer Zuſtand ſo ſchnell wieder vergehen kann. Einige ſolcher „neuen Sterne“ blieben freilich mehrere Jahre ſichtbar und nahmen dann ganz allmählich ab, für ſolche könnte dieſe Erklärung in ihrer einfachſten Form vielleicht genügen. Aber die Mehrzahl ſolcher Sterne leuchtete nur eine kurze Zeit, oft nur wenige Tage; und es kann doch nicht angenommen werden, daß eine — wenn auch kleine — Sonne in ſo kurzer Zeit eine ſo ſtarke Abkühlung erleiden könne, wie für das Verſchwinden nothwendig wäre. Erſt in letzter Zeit und namentlich gelegentlich des gerade vor Kurzem im Nebel der Andromeda aufgetauchten Sternes iſt man zu der Erkenntniß gekommen, daß ſolche Sterne ſtets mit einem Nebelflecken in Verbindung ſtehen. Was iſt da natürlicher, als anzunehmen, daß wir es da mit einem jener Vorgänge zu thun haben, welche wir oben als naturnothwendig bezeichneten, nämlich der Vereinigung eines Nebelballes mit einem andern! Nur haben wir hierbei noch den durch Erfahrung beſtätigten Umſtand zu berückſichtigen, daß ſolche kleinere kosmiſche Nebelbälle allmählich in den Zuſtand ſehr kleiner feſter Körperchen — eines „Meteorſchwarmes“ — übergehen. Wenn ein ſolcher Schwarm, oder — um mit Schiaparelli in ſeinen klaſſiſchen Abhandlungen über die Meteorſchwärme zu reden — eine ſolche „kosmiſche Wolke“ gegen ein größeres Centrum gezogen wird, ſo wird ſie in einen langen Streifen von unzählbaren Millionen kleiner Theilchen ausgezogen, welche alle *angenähert* die gleiche Bahn beſchreiben, aber viele Tage erfordern, bis die ganze lange Linie den Scheitel der Bahn durchlaufen hat. Wenn nun der Centralkörper nicht eine fertige Sonne iſt, ſondern ein Nebelflecken, ſo iſt klar, daß die Wirkung eines ſolchen Durchzuges von Meteoren eine ganz ähnliche ſein muß, wie wir ſie auf der Erde beobachten, wenn ſolche Meteore in die höchſten Schichten unſrer Atmoſphäre eindringen. Der Unterſchied wird nur darin liegen, daß wir es hier mit einer verhältnißmäßig winzig kleinen Anzahl von Meteoren zu thun haben,

während dort vielleicht eine nach Quadrillionen zählende Menge von kleinen Massen in den großen Central-Nebel hineinstürzen. In dieser Weise ist es leicht erklärlich, wie die Erscheinung mehrere Tage anhält, aber anderseits nach einigen Wochen meist erschöpft ist. Die Erklärung scheint zudem so einfach und naturgemäß, daß wir sie einigermaßen als eine weitere Bekräftigung unserer kosmogonischen Theorie ansehen dürfen.

VI. Beziehungen zur Entwickelung der einzelnen Körper, Geogonie ꝛc.

Wir haben die kosmogonische Theorie durchgeführt bis zur Bildung der rotirenden Gasballen, aus welchen Sonne, Planeten und Trabanten werden sollten. So weit erstreckt sich auch eigentlich die Kosmogonie im engeren Sinne, wenigstens ist die Kant-Laplace'sche Theorie damit abgeschlossen. Wir haben indeß auch die naturnothwendige Weiterentwicklung zu feurig-flüssigen, etwas abgeplatteten Massen und bis zur Bildung einer festen Kruste angedeutet, obgleich die Entwicklung bis zu diesem Stadium noch eine Menge ungelöster Fragen in sich enthält, welche nicht blos ihrer Lösung noch harren, sondern zum Theil auch selbst noch der präcis gefaßten Aufstellung. Bei der Besprechung der Sonne werden uns dieselben einigermaßen klarer entgegentreten.

Was dann weiter aus diesen mit einer anfänglich dünnen Kruste überzogenen Körpern sich entwickelte, das pflegt man gemäß der einmal beliebten Systematisirung in das Gebiet der Geogonie resp. Planetogonie, Selenogonie zu rechnen. Die Wissenschaft des gegenwärtigen Zustandes bildet die Geologie, welche aber von der Geogonie nicht getrennt werden kann. Was dann noch später kommen wird, das wird man wohl der Geothanie, d. h. Lehre vom Absterben der Erde, und der Kosmothanie, d. i. Lehre vom Ersterben des Weltalls zutheilen müssen; obschon diese letzteren Wissenschaften noch bei weitem nicht so stark cultivirt worden sind wie die ersteren. Es geht eben den Gelehrten nicht besser wie den übrigen Sterblichen, indem sie viel lieber an Entstehen und Aufblühen denken als an Absterben und Tod. Jedoch das „est tempus nascendi et tempus moriendi“ („Es ist eine Zeit des Geborenwerdens und eine Zeit des Sterbens“) gilt

gewiß nicht blos für die kleinen Weſen, welche auf der Erde ſich des Lebens erfreuen, ſondern auch für die großen Geſchöpfe und für das ganze Weltall, ſo ſehr auch Hr. v. Prel und Mr. Siemens für ein immerwährendes Wieder-verjüngtwerden ſich ereifern.

Indeß alle dieſe dasſelbe Object betreffenden Wiſſenſchaften ſind in der Sache ſelbſt nicht ſo getrennt von einander wie etwa die gelehrten Werke, welche die Männer der Wiſſenſchaft darüber geſchrieben haben. Nicht nur ſchließen ſich die Vorgänge, welche dieſen Wiſſenſchaften entſprechen, mit dem ſtrengſten Cauſalnexus an einander an, und bilden die einen die naturnothwendige Fortſetzung der andern, ſondern ſie greifen zum Theil ſehr ſtark in einander. So gibt es in dem Bereich der Geologie manche Thatſachen, zu deren Verſtändniß man nothwendig nicht nur auf die Lehren der Geogonie, ſondern auch auf die eigentliche Kosmogonie zurückgreifen muß.

Wir werden alſo im Folgenden wohl nicht alle Entwickelungen, welche in das Gebiet der Geogonie gehören, verfolgen, und für alle Fragen eine Löſung ſuchen, umſomehr, als das ein ſehr großes und ſchwieriges Feld wäre, und zudem die Geologie bereits eine eigene, wohl ausgebildete Wiſſenſchaft iſt. Aber die erſten Stadien der Bildung der feſten Erde, welche ſich zunächſt an die kosmogoniſchen Entwickelungen anſchließen, werden wir uns doch einigermaßen klar zu machen ſuchen, und dann von den weiteren Vorgängen eben jene einer beſonderen Betrachtung unterziehen, welche mit den kosmogoniſchen Theorien in einem engeren Zuſammenhang ſtehen. Dabei faſſen wir vorzugsweiſe diejenigen ins Auge, welche entweder noch zu wenig behandelt worden zu ſein ſcheinen, oder vielleicht auch nicht in der rechten Weiſe.

Indem wir alſo einſtweilen die Fragen bei Seite laſſen, wie aus den Uratomen die Atome der chemiſchen Elemente entſtanden, durch welche Vorgänge dieſe von den verſchiedenartigen getrennt wurden und mit den gleichartigen ſich zuſammenfanden, unter welchen Verhältniſſen von Druck und Temperatur die Bildung chemiſcher Verbindungen vor ſich ging, in welcher Reihenfolge die Bildung der einen Stoffe und die Condenſation anderer erfolgte, und welche Stellung und Rolle dieſe Vorgänge in dem allgemeinen kosmogoniſchen Proceß einnahmen, und viele andere derartige ſehr intereſſante Fragen, — faſſen wir ſogleich das Stadium ins Auge, welches aus einem planetariſchen Gasball ſich nothwendig entwickeln mußte, obgleich in einer noch lange

nicht vollständig aufgeklärten Weise, nämlich dasjenige eines in glühflüssigem Zustand befindlichen rotirenden Planeten-Sphäroides.

In einem solchen Himmelskörper mußten sich natürlich nach hydrostatischen Gesetzen die verschiedenen Stoffe nach ihrer specifischen Schwere zu ordnen suchen. Die schwersten wie Gold, Platin ꝛc. lagerten sich also mehr gegen das Centrum hin und es werden dies vorzugsweise einfache Stoffe gewesen sein, da chemische Verbindungen bei jener hohen Temperatur trotz des gewaltigen Druckes wahrscheinlich noch nicht entstehen konnten.

Ein sehr großer Theil der Masse schwebte aber noch in Dampfform über dem glühflüssigen Kern. Nicht nur die Bestandtheile der jetzigen Atmosphäre nebst einer sehr großen Menge von Kohlensäure, sondern die gesammte Masse der Gewässer der Oceane waren damals in der Atmosphäre enthalten. Dazu noch viele andere Stoffe wie Schwefel, Chlor, Jod, ja selbst Metalle wie Quecksilber, Zink, Cadmium, welche in Dampfform die unteren Schichten der damaligen Atmosphäre bildeten. Allmählich wurden die weniger flüchtigen dieser Substanzen condensirt, schlugen sich auf den glühflüssigen Kern nieder und bildeten unter sich die mannigfaltigsten Verbindungen. Auch die immense Atmosphäre von Wasserdampf ging allmählich aus dem durchsichtigen Gaszustand in den des sichtbaren Dampfes über. Damit wurde dann dem Zustand, in welchem die Erde wie eine kleine Sonne strahlte, ein definitives Ende bereitet; und die Leuchtkraft des glühenden Kernes, auch wenn derselbe noch in der höchsten Weißgluth sich befand, vermochte sicher nicht mehr eine solche Wolkenschicht zu durchdringen, welche an Undurchsichtigkeit unsere dichtesten „bedeckten Himmel" mehrere hundertmal übertraf. Der Erde war also damit der strahlende Glanz nach außen genommen, und sie war auf die bescheidene Entwicklung eines auf sich selbst beschränkten Vervollkommnungs-Prozesses angewiesen.

Dieser Prozeß nun vollzog sich keineswegs in friedlicher Ruhe, sondern (wie das auch andern strebsamen Kräften ergeht) unter heftigen Kämpfen und Stürmen. Die gewaltige Atmosphäre, welche den glühenden Kern umgab, konnte keinen Augenblick in Ruhe sein, weil sie von unten einer höchst intensiven Heizung und von oben einer beständigen Abkühlung ausgesetzt war. Nach physikalischen Gesetzen kann nämlich ein Gas oder Dampf nur dann in Ruhe sein, wenn alle Theile desselben auf gleiche Massen gleiche Wärmemengen enthalten, oder wenn diese Wärmemengen nach oben hin zunehmen.

Sind die in gleichen Maſſen enthaltenen Wärmemengen gleich, dann iſt das Gleichgewicht indifferent, weil jeder Theil, auch wenn er gehoben oder geſenkt wird, den Theil, welcher vorher da war, vollkommen erſetzt und folglich weder für die Störung noch für die Erhaltung des gegenwärtigen Gleichgewichts-Zuſtandes eine Kraft vorhanden iſt. Nehmen jene Wärmemengen nach oben hin zu, dann iſt das Gleichgewicht ſtabil. Wenn ſie aber gegen unten hin zunehmen, dann kann wohl auf eine kurze Zeit Gleichgewicht beſtehen; aber es iſt ein labiles, und der kleinſte Anſtoß reicht hin, es zu zerſtören, und die Heftigkeit der dann entſtehenden Bewegung iſt deſto größer, je größer der Unterſchied jener Wärmemengen war.

Dieſe heftigen Bewegungen hatten nun für die geogoniſchen Entwicklungen inſofern eine teleologiſche Wichtigkeit, als dadurch der Prozeß der Erkaltung raſcher vor ſich ging. Die Ueberführung der Wärme von dem glühenden Kern zu dem kalten Weltraum vollzog ſich durch dieſe ſtürmiſche Circulation ſicher ohne Vergleich ſchneller, als wenn die Abfuhr der geſammten Wärme nur durch Leitung durch eine ruhende, einige hundert Meilen hohe Atmoſphäre hätte ſtattfinden können.

Die Heftigkeit dieſer Circulation wurde aber noch ſehr bedeutend vermehrt durch die enormen Mengen von Waſſerdampf, welche in der damaligen Atmoſphäre enthalten waren; denn wie aus der Theorie der Cyclonen bekannt iſt, haben die ſich condenſirenden Waſſerdämpfe den weſentlichſten Theil an der Entſtehung und Ausbildung jener gewaltigen Naturerſcheinungen.

Die Condenſation der in der Atmoſphäre enthaltenen Dämpfe wird nun im Allgemeinen nach der Reihenfolge der leichteren Condenſirbarkeit ſtattgefunden haben. Allein da in den höchſten Regionen der Atmoſphäre eine weit tiefere Temperatur herrſchte als in den tieferen, ſo iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß der leichte Waſſerdampf trotz ſeiner niedrigen Condenſations-Temperatur doch früher zu undurchſichtigem Dampf ſich condenſirte als die in der unteren Atmoſphäre ſchwebenden ſchwerflüchtigen Subſtanzen.

Es begann alſo, aus den höchſten Regionen der Atmoſphäre gegen unten zu „regnen“. Aber die tieferen Schichten waren viel heißer und deshalb wurden die Tropfen trotz des zunehmenden Druckes ſchnell wieder verdampft. Wenn in dieſen Schichten noch dichtere Dämpfe von andern Stoffen vorhanden waren, ſo wurden dieſe condenſirt und fielen gegen die Erde, während das Waſſer wieder ver-

flüchtigt und in die Höhe getrieben wurde; andernfalls wurde nur den tieferen Schichten der Atmosphäre durch das Wiederverdampfen des Wassers Wärme entzogen. Allmählich aber wurde die Abkühlung so stark, daß das niederfallende Wasser die Erde erreichte. Doch diese war damals noch im glühenden und wahrscheinlich im glühflüssigen Zustand. Die Verdampfung des Wassers geschah folglich daselbst noch weit energischer als innerhalb der Atmosphäre; allein in demselben Maße wurde auch der obersten Schicht des Erdkernes Wärme entzogen. Es mußte dann auch die Zeit kommen, daß in dieser obersten Schicht durch die Abkühlung erstarrte Schollen entstanden. Diese wurden durch die hierbei stattfindende Zusammenziehung schwerer und sanken in der glühflüssigen Masse unter, bis sie auf Schichten kamen, welche trotz ihrer höheren Temperatur doch noch dichter waren. Daselbst schmolzen sie wieder und stiegen von neuem empor. Es fand also auch in dem Erdkern selbst eine gewisse Circulation statt, welche derjenigen der Atmosphäre entgegengesetzt war, aber natürlich weit weniger stürmisch verlief. Dieser Prozeß mußte aber damit enden, daß die Schollen so zahlreich wurden, daß sie schließlich zu einer zusammenhangenden Kruste sich vereinten, welche dann eben wegen ihres Zusammenhanges nicht mehr sinken konnte.

Diese starre Kruste mußte dann auch bald an der äußersten Oberfläche so weit abgekühlt werden, daß das niederfallende Wasser stellenweise stehen bleiben und schließlich die ganze Kruste bleibend bedecken konnte. Diese ersten „stehenden Gewässer" haben gewiß bei dem enormen Druck, welcher auf ihnen lastete (etwa 300 Atmosphären), eine Temperatur von etwa 300° C. gehabt. Im Anfang mag dieses „Urmeer" noch fortwährend aufgekocht haben; aber auch das mußte allmählich aufhören.

Die gewaltigen Mengen von Wasserdampf, welche damals dem Ocean entstiegen, mußten — wie bereits erwähnt — die Circulation in der Atmosphäre weit heftiger gestalten, als sie in einer trockenen Atmosphäre sich hätte ausbilden können. Aber gleichzeitig war auch die Abkühlung gegen unten wegen des ununterbrochenen Contactes mit dem Wasser weit energischer. Die Kruste erlitt also eine thermische Zusammenziehung, und da das glühflüssige Innere diese noch nicht mitmachen konnte, entstand eine Spannung in der Kruste, infolge deren sie an einzelnen Stellen durch das im Inneren eingepreßte Magma von unten durchbrochen wurde, wobei dann eine Quantität von „vulkanischen Eruptivmassen" über die Kruste gelangte und sich

daſelbſt ausbreitete. Erwies ſich aber die Kruſte frei von beſonders ſchwachen, leicht durchbrechbaren Stellen, dann mußte ſie ſelbſt in einem langen Riß berſten und den vulkaniſchen Maſſen den Durchbruch geſtatten. Je nach dem Grad der Dünn- oder Dickflüſſigkeit dieſer Maſſen entſtanden dann horizontale Schichten oder auch Längsgebirge vulkaniſchen Urſprunges. Theile der Kruſte und auch die Ränder der Spalte wurden von denſelben mit emporgehoben.

So entſtanden in dem noch ſeichten allgemeinen Urmeer die erſten Inſeln und allmählich die Anfänge der Continente. Die erſten dieſer Erhebungen können nicht ſehr hoch geweſen ſein, weil die Kruſte noch zu dünn war. Aber in demſelben Maße, als dieſelbe ſich verdickte, konnten auch die vulkaniſchen Maſſen höher emporgepreßt werden.

Die ſo entſtandenen Gebirge übten nun auf die atmoſphäriſche Circulation eine ablenkende Wirkung aus. Denn da ſie noch eine ſehr hohe Temperatur beſaßen, ſo veranlaßten ſie ſtarke „Seewinde". Die mit Dämpfen beladene Luft ſtrömte alſo vom Meer über die Länder, wurde da noch mehr erhitzt und erhob ſich dann mit Heftigkeit. Damals bildeten ſich alſo die heftigſten Cyclonen über dieſen jungen Gebirgen und weniger über den Meeren, während es heutzutage umgekehrt ſich verhält. Die Luft ſtieg dann daſelbſt bis zu ſehr hohen Regionen gewaltſam empor, kühlte ſich dabei ſehr ſtark ab und als Folge mußte ein ſtrömender Regenguß auf dieſe Gebirge herabfallen. Dieſelben wurden alſo in einer höchſt energiſchen Weiſe abgewaſchen. Bei der hohen Temperatur, welche das Waſſer beſaß (vielleicht noch 150° bis 200° oder noch mehr), wird es die Geſteine, welche durch die kräftige Abkühlung zerklüftet und zerbröckelt wurden, leicht aufgelöst und andere Theile ihres Bindemittels beraubt haben. Die ſo aufgelösten Maſſen wurden dann dem Meere zugeführt, wo ſie als „neptuniſche Gebilde" oder „Sedimente" der älteſten oder „azoiſchen" Periode ſich niederſchlugen. Auch im Ocean ſelbſt wird das ſiedend heiße Waſſer den Grund zum Theil wieder aufgelöst und ſpäter als „metamorphiſirtes Geſtein" wieder in Schichten abgelagert haben.

Neben dieſen mehr wandelbaren Vorgängen ſchritt aber der allgemeine Prozeß der ſtetigen Abkühlung unaufhaltſam voran. Indes zeigten ſich auch darin allmählich Ungleichmäßigkeiten. Denn einestheils war die Abkühlung unter den Oceanen ſtärker, inſofern die Ableitung der Wärme durch das Waſſer eine ununterbrochene war und das Waſſer beſonders geeignet iſt, große Mengen von Wärme

abzuführen; anderntheils war auch unter den Meeren die Kruſte nicht gleichartig, inſofern ſie in manchen Theilen aus beſſer leitenden Stoffen beſtand, ſo daß die Wärme leichter aus dem Innern nach außen gelangen konnte. An ſolchen Stellen mußte ſich die Kruſte ſchneller verdicken; ſie wurde deshalb ſchwerer und drückte ſtärker gegen unten als an andern Stellen. So entſtanden ſeculäre Senkungen und Hebungen des Meeresgrundes. Aber an den Stellen, wo ſich die Kruſte ſenkte, kam ſie eben dadurch in Berührung mit Schichten des glühflüſſigen Innern, welche aus ſich ſchon ſpecifiſch ſchwerer waren, und vielleicht auch wegen größeren Gehaltes an Metallen beſſer leiteten. Die Maſſen, welche ſich dann weiter daſelbſt von unten anſetzten, waren alſo ſchwerer als diejenigen, welche unter den Feſtländern und in größerer Höhe ſich anſetzten. So trug die einmal eingeleitete Ungleichmäßigkeit in ſich ſelbſt die Urſache, daß der Proceß in gleichem Sinn mit zunehmender Intenſität ſich fortſetzen konnte.

Das Reſultat dieſer Vorgänge mußte ſein, daß große zuſammenhangende Theile der Kruſte von tiefen Oceanen bedeckt wurden, während andere Theile durch den hydroſtatiſchen Druck des Erd-Inneren als Continente über das Meeres-Niveau emporgehoben wurden.

Bleiben wir nun ein wenig bei dieſem Stadium der geogoniſchen Entwicklungen ſtehen und vergleichen dieſelben mit den Lehren der Geologie, ſo ſehen wir, daß wir in einigen Punkten zu Schlüſſen gedrängt werden, welche ziemlich das Gegentheil ſind von dem, was angenommen wird. Die herrſchende Anſicht iſt nämlich, daß die Continente, gleichwie ſie gegen oben eine Hervorragung aus dem Erd-Sphäroid bilden, ebenſo auch nach unten weit tiefer in das flüſſige Erdinnere hineinragen als die Kruſte unter den Meeren. Bei Aufſtellung dieſer Anſicht mag wohl die Analogie mit den Eisbergen maßgebend geweſen ſein; aber in den geogoniſchen Vorgängen hat dieſelbe keinen Halt, und mit phyſikaliſchen Geſetzen ſcheint ſie unvereinbar. Denn zunächſt ſind die erſtarrten Maſſen nicht, wie es beim Eis der Fall iſt, ſpecifiſch leichter als die flüſſige Maſſe, auf welcher ſie ruhen, da ſie um 1000° bis 2000° kälter ſind, und ferner iſt mit dieſer Anſicht das Gleichgewicht der Erdkruſte nicht zu erklären. Dieſes kann nämlich nur dann beſtehen, wenn der hydroſtatiſche Druck, welchen die Kruſte auf das flüſſige Innere ausübt, unter den Oceanen ebenſo groß iſt als in gleicher Höhe unter den Continenten. Nun haben die großen Oceane eine Tiefe von 4000 Meter und mehr.

Dieſe üben alſo einen ſehr viel geringeren Druck aus als die entſprechenden gleich hohen Schichten feſter Maſſe unter den Continenten. Folglich muß nothwendig unter den Oceanen eine ſchwere Schicht der Erdkruſte exiſtiren, welche den ſtärkeren Druck der Continente aufhebt und urſprünglich ſogar denſelben überwand. Die Kruſte muß alſo nach rein phyſikaliſchen Geſetzen unter den Oceanen weit dicker ſein als unter den Continenten, auch abgeſehen von den oben entwickelten geogoniſchen Vorgängen, welche die Urſache dieſer Ungleichheit enthalten.

Dieſe relative Senkung des Meeresgrundes gegenüber den Continenten mag im Mittel etwa 4000 Meter betragen. Die tieferen Regionen der Oceane aber, verglichen mit den großen Hoch-Plateau's, ergeben eine Differenz von ca. 14000 Meter, ja ſtellenweiſe über 20000 Meter. Der eigentliche Betrag der Senkung iſt aber noch um 1500—2000 Meter größer, weil durch die Senkung ſelbſt die Niveaufläche des Meeres eine Aenderung erlitten hat, infolge deren die wirkliche Oberfläche (die „Geoid-Fläche") in großen Oceanen um ca. 1000 Meter tiefer, in großen Continenten dagegen um faſt ebenſo viel höher liegt als die regelmäßige ideale urſprüngliche Sphäroidfläche.

Eine andere Folge dieſer geogoniſchen Vorgänge iſt die, daß die einmal gebildeten Centralbecken der großen Oceane ſtets Oceane waren, daß aber nie an dieſen Stellen Continente mit Oceanen abwechſelten. Die große Schwere der unter den Oceanen lagernden dickeren Kruſte bewirkte nämlich, daß ſie ſtets tiefer liegen mußte und nie bis zur Höhe der Continente ſich erheben konnte. Nur wenn in den tiefen Oceanen der Grund ſich noch tiefer ſenkte, dann mußte auch an weniger tiefen Stellen längs der Küſte der Meeresgrund emporgehoben werden. Ueber dieſe Verhältniſſe war man bis in die neueſte Zeit im Dunklen. Aber die neueren Tiefſee-Lothungen haben es erwieſen, daß die tiefen Becken der Oceane ſtets Oceane waren.

Uebrigens iſt aus denſelben geogoniſchen Theorien leicht erklärlich, daß je nach der Schwere und Leitungsfähigkeit des Materials, welches ſich von unten an die Kruſte anſetzt, auch kleinere locale Hebungen oder Senkungen entſtehen konnten, ja daß auch an dem gleichen Ort ſeculäre Hebungen und Senkungen abwechſelnd ſtattfinden konnten.

Verfolgen wir nun weiter unſere geogoniſchen Entwicklungen. Die Abkühlung mußte natürlich immer tiefer in die Kruſte eindrin-

gen. Schichten, welche 1000, 5000, 20000 Meter tief lagen, mußten im Lauf der Jahr-Millionen dem unausbleiblichen Geschick der Erstarrung verfallen, indem sie von einer Temperatur von 5000°, ja 10000° und mehr auf 50° bis 1000° herabkamen. Die noch tiefer liegenden Schichten wurden wohl noch nicht starr, aber doch bereits bis in große Tiefen stark abgekühlt und zum Theil halbstarr oder sehr zähflüssig.

Indem nun diese Massen in der Tiefe eine starke Contraction erlitten, während die Kruste bereits erstarrt und so weit abgekühlt war, daß sie nur noch sehr wenig von der allgemeinen Abkühlung betroffen werden konnte, wurde die innere flüssige Masse allein auf ein kleineres Volumen reducirt. Die feste Kruste hätte nun wie ein des Baugerüstes beraubtes Gewölbe frei über einem leeren Raum schweben sollen, der sich zwischen ihr und dem flüssigen Inneren bildete. Allein der dabei eintretende horizontale Gewölbe-Schub ist wegen der Größe der Erde so enorm, daß kein Gestein im Stande wäre, denselben auszuhalten. Die Zerdrückungsfestigkeit des Gußeisens wäre hierfür noch etwa 80 mal zu gering, und selbst der beste Stahl würde unter diesem Druck zermalmt werden. Die Erdkruste mußte also an schwächeren Stellen nothwendig zermalmt werden, und die bereits gebildeten Schichten daselbst durch den tangentialen Schub eine gewaltige Verwerfung, Zerknickung und Faltenwerfung erleiden, wodurch dann sehr schroffe Gebirge aus der Kruste heraus emporgedrückt wurden.

Wohl zu beachten ist aber, daß diese letzterwähnten Vorgänge, welche aus der Theorie mit Nothwendigkeit folgen, nicht mehr Hypothesen sind, sondern Thatsachen, welche durch unzählige geologische Forschungen in unanfechtbarer Weise festgestellt sind. Die meisten unserer hohen Gebirge sind in dieser Weise entstanden. Kleinere Verwerfungen und Zerknickungen der Schichten zeigen sich fast an allen Orten, oft in den auffallendsten Formen von Ueberwerfungen.

Was aber sehr interessant ist, der Meeresboden der tiefen Oceane ist von diesen Katastrophen frei geblieben. Die Ansicht, welche man früher ziemlich allgemein über den Meeresgrund sich gebildet hatte, daß dort nämlich hohe Gebirge und tiefe Thäler existirten, ist durch die neueren Tiefsee-Lothungen als völlig unrichtig erwiesen worden, wenigstens in Betreff der eigentlichen tiefen Becken der großen Oceane. In diesen Tiefen besteht nun aber die größte, fast absolute Ruhe, und folglich haben auch früher daselbst niemals Gebirge bestanden. Wir müssen sonach schließen, daß die Erdkruste an diesen Stellen

niemals Zerknickungen oder Zermalmungen erlitten hat. Das ist aber nur erklärbar, wenn wir annehmen, daß die Kruste unter den Oceanen wirklich weit mächtiger ist als unter den Continenten oder in deren Nähe. Sonach erhält also unsre oben dargelegte Ansicht, welche nur auf die Theorie selbst gestützt war, auch eine thatsächliche Bekräftigung durch die Beobachtungen.

Die Theorie setzt uns aber auch in den Stand, die Ausgiebigkeit dieser gewaltigen Kräfte einigermaßen beurtheilen und schätzen zu können. Machen wir die Annahme — die wir im Verlauf noch einigermaßen begründen werden, — daß das Erd-Innere während dieses zweiten Stadiums der Abkühlung im Mittel eine Temperatur-Erniedrigung von etwa 1000° erlitten habe, so muß in der Kruste eine Zusammenschrumpfung erfolgt sein, welche einem Procent aller Längendimensionen entspricht. Sonach mußten auf einem Halb-Meridian von Pol zu Pol horizontale Zusammenschiebungen eintreten, welche im Ganzen eine Länge von 27 geogr. Meilen ausmachen würden. Nothwendig müssen also dadurch gewaltige Massen und sehr hohe Gebirge emporgetrieben worden sein.

Wir sind also durch die Theorie ganz im Einklang mit den Thatsachen zu einer zweifachen Ursache der Gebirgsbildung geführt worden. In den frühesten Zeiten gab es Berstungen der Kruste und vulkanische Gebirge erhoben sich aus denselben. In späteren Perioden aber zertrümmerte stellenweise die Kruste durch den eigenen Seitendruck und die Massen wurden eben dadurch emporgehoben [1]).

Während also in den ersten Perioden die äußere Kruste die innere Fülle nicht zu fassen vermochte, zum Bersten gespannt war und wirklich viele Berstungen erlitt, mußte die gewissermaßen noch im Entstehen begriffene junge Erde, noch lange bevor sie ihren schönsten Schmuck, die Vegetation, anlegen konnte, bereits das Merkmal des Alters über sich ergehen lassen — die Falten der Haut — die Runzeln! —

---

[1]) Damit ist aber keineswegs gesagt, daß die vulkanischen Eruptionen auf die frühesten Perioden beschränkt blieben, da ja die noch bestehenden Vulkane das Gegentheil beweisen. Aber diese spätere vulkanische Thätigkeit ist nicht, wie die frühere, eine Wirkung der secularen Contraction der Erde, sondern sie ist ganz wesentlich bedingt durch die Mitwirkung des durch die Kruste durchgesickerten Wassers, wie das in einer andern Abhandlung (s. „Nat. u. Off." Bd. 30, 1884, pag. 362) angedeutet worden ist.

Während nun dieſe Vorgänge in der Kruſte ſich abſpielten, ging in der Atmoſphäre die bereits beſchriebene Bewegung einer unaufhörlichen Circulation weiter fort. So lange die Temperatur der Erdkruſte bedeutend höher war als die der Atmoſphäre, und namentlich ſo lange ſie noch höher oder doch faſt ebenſo hoch war als die Siedetemperatur des Waſſers (unter den damaligen Umſtänden), mußte jene Circulation auch beſtändig mit großer Heftigkeit ſich vollziehen entſprechend dem Charakter jener Vorgänge, welche auf der Störung eines labilen Gleichgewichtes beruhen. Allein im Lauf der Zeiten legte ſich auch dieſe ungeſtüme Heftigkeit, und als die Temperatur an der Oberfläche der Erde bedeutend unter die Siedetemperatur des Waſſers herabkam, etwa auf 40°, da wird wohl noch eine ähnliche Circulation ſtattgefunden haben, aber in einer bei weitem ruhigeren friedlichen Weiſe.

Die Urſachen jener ſtürmiſchen Bewegung in der Atmoſphäre waren nämlich, wie bereits oben angedeutet wurde, zwei: 1. Die intenſive Heizung von unten, und 2. die ſtarke Abkühlung in großen Höhen, und beide wurden allmählich ſchwächer. Die kräftige Heizung von unten ging in eine ganz gelinde, kaum bemerkbare Erwärmung über, und in den oberſten Schichten der Dampfatmoſphäre kam die Wirkung der allmählich kräftiger werdenden Beſtrahlung durch die Sonne immer mehr zur Geltung, wodurch dann die Ausſtrahlung in den kalten Weltraum vermindert und faſt aufgehoben wurde. Die Atmoſphäre wird alſo damals ſchon ziemlich ruhig geworden, und nur noch als Nachzügler hier und da eine ſtärkere Cyclone aufgetreten ſein. Anderſeits war aber bei jener Temperatur und dem noch immer ſehr ſtarken Luftdruck die Atmoſphäre mit großen Mengen von Waſſerdampf beladen. Dadurch wurde auch die directe Ausſtrahlung des Erdkernes in den Weltraum gänzlich verhindert, und folglich konnte dann die weitere Erkaltung der Erde nur mehr in einem ſehr langſamen Tempo vor ſich gehen. Dieſer Zuſtand konnte folglich auch viele Millionen Jahre anhalten bis die Temperatur der Erde ſich auch nur um einige Grade weiter erniedrigte. Eben dieſe lange Dauer der Zeiträume ermöglichte es dann, daß die Abkühlung der Erde, welche früher faſt nur die alleräußerſten Schichten betroffen hatte, allmählich bis in ſehr große Tiefen eindrang. Es war da nicht mehr die Erdkruſte, welche die Wärme abgab, ſondern den tiefen Schichten wurde die Wärme entzogen, und die Kruſte bildete nur die Vermittlung für dieſe Wärmeabfuhr. Eben dadurch änderten ſich

dann die Wirkungen der Contraction in der bereits beſchriebenen Weiſe.

Ebenſo wie die Circulation in der Atmoſphäre mußten auch die Niederſchläge fortdauern. In den früheren Zeiten waren dieſelben jedenfalls noch äußerſt heftig und ausgiebig. Die kaum emporgeſtiegenen Gebirge wurden da in ſehr energiſcher Weiſe abgewaſchen. Was nicht felſenfeſt an denſelben haftete, wurde allmählich unterwaſchen, losgelöst, in das Strombett gerollt und dort durch die Gewalt der Ströme fortgeſchoben, durch Stöße zerkleinert und ſchließlich in den tiefen Thalſeen deponirt. Ja die Felſen ſelbſt wurden von dem durchſickernden Waſſer zernagt und ſo im Lauf der Zeiten von den höchſten Gebirgen in die tiefen Niederungen herabgeſchafft. Die Temperatur des Waſſers wird damals noch immer einigermaßen hoch geweſen ſein, und folglich die auflöſende Kraft desſelben eine größere, wodurch dieſe Thätigkeit des Waſſers in hohem Grad befördert wurde. Die im Waſſer gelösten oder in Suspenſion gehaltenen Stoffe wurden in den Niederungen fallen gelaſſen und bei fortgeſetzter Abkühlung aus der Löſung niedergeſchlagen. So entſtanden die neptuniſchen Gebilde der mittleren geologiſchen Perioden, ſowie das Diluvium und Alluvium. Die urſprünglich zum Theil unergründlich tiefen Thalſpalten oder Thalſeen wurden allmählich ausgefüllt, ganze Binnenmeere, wie z. B. das ungariſche Tiefland und die Tiefebenen der unteren Stromläufe durch die abgelagerten Maſſen trocken gelegt, während gleichzeitig die gewaltig hohen Felſengrate und Kämme der Gebirge abgenagt wurden und ſtellenweiſe wohl um tauſend oder mehrere tauſend Meter von ihrer früheren Höhe einbüßten.

Allmählich verloren nun auch die Niederſchläge ihre Heftigkeit, und in demſelben Maße als die Circulation in der Atmoſphäre ruhiger, und damit die Wärmeabfuhr von der Erde in den Weltraum eine geringere wurde, mußten auch die Niederſchlags-Mengen auf ein weit geringeres Maß herabkommen. Allein durch die Länge der Zeitperioden, welche in dieſem geologiſchen Zuſtand verliefen, wurde die Heftigkeit der Niederſchläge wenigſtens einigermaßen erſetzt. Die allmähliche Verwitterung der Geſteine geſellte ſich als mächtig mitwirkende Urſache dazu, und ſo konnten die Wirkungen des Waſſers in gleicher Weiſe, obgleich in langſamerem Tempo, fortgeſetzt werden.

Wenden wir uns nun wieder von dieſen mehr theoretiſchen Betrachtungen zu den empiriſchen Forſchungen, ſo haben dieſe bekanntlich die Thatſache erwieſen, daß in früheren Perioden ſehr großartige

Wirkungen durch die Thätigkeit des Waſſers hervorgebracht wurden. Die dem Waſſer zugeſchriebenen Anſchwemmungen, ſowie die „Eroſionen" von Thälern ſind ſo großartig, daß man faſt geneigt wird, die Anſicht der Geologen als kühne Hypotheſe anzuſehen, wenn nicht die triftigſten Beweiſe für dieſelbe beigebracht würden. In der That, wenn man z. B. die großen Thal-Eroſionen der Elbe in der böhmiſch-ſächſiſchen Schweiz betrachtet, ſowie diejenigen anderer Ströme, namentlich des Colorado, der ſich ſein Bett gegen 3000 Meter tief in hartes Geſtein ausgewaſchen hat, dann kommt einem unwillkürlich ein gewiſſes ungläubiges Staunen. Der Geologe, als Mann der Wiſſenſchaft, wird dem Affect des Staunens wohl weniger nachhangen und mit einem faſt zu leichten Sinn erklärt er, daß das Alles durch Waſſer ausgewaſchen wurde. Aber das harmloſe kleine Bächlein, welches ſo ruhig und lautlos ſein bischen Waſſer in den Fluß ergießt und kaum einmal bei ſtärkerem Anſchwellen im Stande iſt, einen Stein einige Schritte weit voran zu ſchieben, das ſoll alſo nicht blos enorme Felſen weggeführt, ſondern ſich ſelbſt das große, tiefe, breite Thal mitten durch hohe Berge hindurch ausgewaſchen haben! Das wäre doch nur möglich, wenn in früheren Zeiten die Waſſermaſſen weit bedeutender waren und die Zeiträume, während deren die Einwirkung geſchah, von unermeßlicher Länge.

Damit ſind wir aber vor die Frage geſtellt: haben wir denn ein Recht, ſo unbegrenzt große und anhaltende Waſſermaſſen als wirklich vorhanden geweſen anzunehmen? und woher konnten ſolche Mengen von Waſſer kommen?

Dies Waſſer konnte in früheren Perioden wohl nur als Regen herabkommen. Der Regen entſteht aber in demſelben Maß als durch die innere Wärme der Erde oder durch die Sonnenwärme Waſſer verdampft und in die Höhe gehoben wird, wo es dann durch Abgabe der Wärme wieder condenſirt wird. Die Beantwortung der Frage reicht alſo vollkommen in das Gebiet der eigentlichen Kosmogonie hinein, da ſie davon abhängt, wie viel Wärme durch die Verdichtung des Urnebels in der Erde entwickelt, und wie viel von der in der Sonne entwickelten Wärme der Erde mitgetheilt werden konnte.

Eine einigermaßen genaue Berechnung dieſer Wärme-Mengen iſt nun freilich nicht wohl möglich. Allein für unſern Zweck genügt auch eine etwas rohe Annäherung, da es ſich nur um eine Sicherſtellung handelt, daß nicht etwa eine Theorie als richtig angenommen werde, welche eine Unmöglichkeit in ſich ſchließt.

Nehmen wir also an, daß die durch Verdichtung entstandene Wärme der Erde bei Beginn der geologischen Perioden noch so weit in derselben vorhanden war, daß im Centrum von der ursprünglichen Temperatur (über 40000°, cf. Art. IV im vorigen Jahrg.) etwa 30000° thatsächlich vorhanden waren, an der äußersten Oberfläche aber, oder vielmehr in sehr geringer Tiefe unter derselben nur noch 1800°. Gegenwärtig ist die mittlere Temperatur der Oberfläche etwa 15°, während im Mittelpunkt nur eine geringe Abkühlung, vielleicht um nur 100° eingetreten sein wird. Machen wir dann die plausible Annahme, daß die Abkühlung der einzelnen Schichten gegen innen nach einer arithmetischen Progression abnehme, dann ist die gesammte Wärme-Abgabe, welche während der geologischen Perioden stattfand, sehr leicht elementar berechenbar. Es ist nämlich dann $\mu = \frac{1}{4}(\gamma + 3\beta)$, wenn γ die Abkühlung im Centrum, β die an der Oberfläche, und μ die mittlere Abkühlung bedeutet. Man findet, daß dieselbe so groß ist, daß die ganze Erde dadurch im Mittel um 1364° abgekühlt worden wäre. Die Anzahl der Wärme-Einheiten ist = 1806 Quadrillionen (die spec. Wärme der Erde = 0·22 vorausgesetzt). Nur ein kleiner Theil dieser Wärme wird aus den Continenten direct in den Himmelsraum ausgestrahlt worden sein (weil damals fast fortwährend durchaus dicht bedeckter Himmel war), ohne zur Verdunstung von Wasser verwendet worden zu sein. Alles Uebrige wurde entweder den Oceanen mitgetheilt und diente zur Verdampfung dieser Gewässer, oder den Continenten, und wurde zur Verdunstung des auffallenden Regens verwendet. Sehr wahrscheinlich werden das mindestens 1650 Quadrillion Wärme-Einheiten gewesen sein.

Nun ist die mittlere Tiefe der Oceane etwa = 3400 Meter, und wenn die Continente und Inseln nicht wären, würde sie = ca. 2490 Meter sein. Sonach ist die ganze Wassermenge = ca. 1270000 Billionen Cubik-Meter. Zur Verdampfung braucht dieselbe für jedes Liter bei 220°, 120°, 20° bezüglich 450, 522, 593 Wärme-Einheiten, im Mittel etwa 522; mithin für die ganze Wassermenge 663000 Trillionen Wärme-Einheiten. Die obige Wärmemenge ist also hinreichend, alle Gewässer der Erde 1650^{IV}: 663000^{III}, oder etwa 2500 mal zu verdampfen. Ebensovielmal haben also diese Gewässer oder doch eine denselben gleiche Wassermasse den Kreislauf in die Atmosphäre und zurück während der geologischen Perioden kraft der inneren Erdwärme ausgeführt. Hätten wir im Centrum der Erde die Ab-

kühlung = 200° oder = 0° anſtatt 100° angenommen, ſo würde ſich dieſe Zahl nur um 5½ % ändern, wodurch an der Sache ſelbſt nichts Weſentliches geändert würde. Nun wird allerdings der größere Theil dieſer „Regenmenge“ wieder dem Meer zugefallen ſein. Indeß da die Continente damals noch erheblich kleiner waren, ſo müſſen wir annehmen, daß ein verhältnißmäßig bedeutend größerer Antheil auf den Continenten niedergefallen ſei, als heutzutage, beſonders wenn wir auf die oben erwähnte Ablenkung der atmoſphäriſchen Circulation durch die anfangs noch heißen Continente Rückſicht nehmen.

Zu dieſer Wirkung der telluriſchen Wärme geſellt ſich nun noch diejenige, welche von der Sonne der Erde zugeſtrahlt wurde. Die Berechnung dieſer Quantität kosmiſcher Wärme iſt aber noch weniger genau durchführbar, weil das Reſultat von einigen zum Theil ziemlich unſicheren Annahmen und Schätzungen abhängt.

Wie wir bereits ſahen (ſiehe Seite 32), iſt die geſammte Verdichtungswärme der Sonne = $54^{VI}483000$ Quintillionen Wärme-Einheiten. Von dieſer iſt nun noch ein Bruchtheil in der Sonne enthalten, und wir können nicht genau wiſſen, wie groß dieſer Theil ſein mag. Da indeß jene Wärme hinreichen würde, um die Temperatur der ganzen Sonne auf ca. 27 Millionen Grad zu bringen, falls ihre ſpecifiſche Wärme gleich der des Waſſers wäre, in Wirklichkeit aber muthmaßlich auf etwa 80 Millionen Grad; und da anderſeits die jetzige Temperatur der Sonne ſelbſt gegen das Centrum hin ſchwerlich 10 Millionen Grad überſteigen wird, an der Oberfläche aber nur etwa 6000° beträgt, ſo können wir wohl gemäß der obigen Formel annehmen, daß nicht mehr als etwa $^1/_{32}$ der Geſammtwärme noch in der Sonne enthalten ſei, ſomit $^{31}/_{32}$ bereits ausgeſtrahlt ſind. Wäre noch $^2/_{32}$ oder $^1/_{1000}$ anſtatt $^1/_{32}$ in der Sonne vorhanden, ſo würde das an den $^{31}/_{32}$ nur eine Aenderung von 3 % bewirken, was hierbei kaum in Betracht kommen kann.

Von dieſer Wärmemenge war nun aber ein Theil bereits ausgeſtrahlt, als die geologiſchen Perioden auf der Erde begannen, und dieſer Antheil iſt noch weniger genau beſtimmbar. Doch derſelbe war nicht groß und deshalb wäre auch eine ſtarke Ungenauigkeit in deſſen Beſtimmung doch nur von geringem Einfluß auf das Haupt-Reſultat. Wir müſſen nämlich annehmen, daß die Erde, nachdem ſie als Gasball von dem großen Central-Gasball abgeſchieden war, ihre Abkühlung ſogleich in einem viel ſtärkeren Maß begann als jener Centralball ſelbſt, da es unzweifelhaft iſt, daß dieſer alle Stadien

der Abkühlung in einem unvergleichlich langsameren Tempo ausführte als die kleinen planetarischen Massen. Somit ist es ganz wahrscheinlich, daß, als die Oberfläche der centralen Masse von der Erdbahn bis zur jetzigen Venusbahn sich zurückgezogen hatte, die Erde bereits begann, in einzelnen Theilen in den glühflüssigen Zustand überzugehen, und als die Größe des Centralballes dem Durchmesser der jetzigen Merkursbahn gleich kam, wird die Erde bereits eine dünne Kruste gehabt haben. Nun aber ist die Verdichtungswärme, welche bis zu diesem Stadium in der Sonne entwickelt wurde, nur etwa $^1/_{80}$ der ganzen bis jetzt entwickelten Wärme, und dieser kleine Bruchtheil der Gesammt-Wärme wird wohl damals auch bis auf wenige Procent bereits ausgestrahlt gewesen sein. Somit sehen wir, daß die Unsicherheit nicht sehr bedeutend ist, und daß die während der geologischen Perioden bis auf unsere Zeit ausgestrahlte Sonnen-Wärme etwa 52 Sextillionen Wärme-Einheiten betragen haben muß — vielleicht 50 Sextillionen, aber schwerlich noch weniger.

Nun war die Sonnen-Parallaxe ($\pi \odot$) im Anfang jener Perioden etwas größer als jetzt, da die Erde im Mittel um etwa 1364° wärmer war. Sie wird 8″.92 gewesen sein, während sie jetzt 8″.79 ist. Im Mittel können wir annehmen $\pi \odot = 8''.85$. Von der gesammten ausgestrahlten Wärme wurde also von der Erde ein Bruchtheil $= \sin^2 (^1/_2 \pi \odot) = 1 : 2173$ Milliontel, und mit Rücksicht auf die Abplattung etwa $= 1 : 2179$ Milliontel aufgenommen, das ergibt aber 23864 Quadrillionen Wärme-Einheiten.

So weit ist die Rechnung einigermaßen sicher; denn wenn auch die gesammte Verdichtungswärme der Sonne in Betracht käme, so würde das Resultat nur höchstens um 5 % größer ausfallen. Eine weit größere Unsicherheit kommt aber von der unbekannten Beschaffenheit der Erd-Atmosphäre. Denn jene Wärme konnte nur dann zur Verdampfung von Wasser mitwirken, wenn sie im Stand war, die Atmosphäre der Erde zu durchdringen. Nun werden wohl mehrere Millionen Jahre verstrichen sein, während deren die Atmosphäre ähnlich wie jetzt beschaffen war und den Durchgang gestattete. Aber weit längere Perioden sind wohl vorausgegangen, während deren die Sonnenstrahlen nur auf die obersten Schichten der mächtigen Dampf-Atmosphäre fielen, um von denselben reichlich zur Hälfte einfach reflectirt zu werden, während der andere Theil von denselben absorbirt wurde und so deren Abkühlung verlangsamte. Selbst bei dem gegen-

wärtigen Zuſtand der Atmoſphäre wird vielleicht die Hälfte der zugeſtrahlten Wärme von Wolken aufgefangen; von dem andern Theil wird wieder etwa $^1/_2$ von der Luft abſorbirt und vom Reſt etwa $^2/_3$ für die Verdampfung von Waſſer wirkſam. Sonach wird es wahrſcheinlich, daß von jener geſammten zugeſtrahlten Wärme ſchwerlich mehr als $^1/_{20}$ für die Verdampfung von Waſſer verwendet worden iſt. Das wären alſo etwa 1200 Quadrillionen Wärme-Einheiten, und dieſe würden hingereicht haben, um alle Gewäſſer der Erde etwa 1690 mal zu verdampfen.

Wir können, um dieſe Berechnung einigermaßen zu controliren, die Aufgabe von einer ganz anderen Seite anfaſſen, indem wir von dem gegenwärtigen Zuſtand aus rückwärts gehen und dabei die von der Sonne zugeſtrahlte Wärme den wirklich ausgeführten Meſſungen gemäß annehmen. Dieſe Wärme beträgt nach den neueſten Beſtimmungen nahezu 30 Wärme-Einheiten auf jedes □-Meter pro Minute bei ſenkrechter Beſtrahlung und oberhalb der Atmoſphäre. Das macht nun für die ganze Erde während eines Jahres etwa 2004 Trillionen Wärme-Einheiten. Von dieſer Wärmemenge wird aber aus den oben angegebenen Urſachen nur etwa $^1/_6$ für die Verdampfung von Waſſer wirkſam, d. i. 334^{III} Wärme-Einheiten. Nun bedarf die geſammte Waſſermenge der Erde zum einmaligen Verdampfen unter den jetzigen Verhältniſſen etwa $743\,500^{\text{III}}$ Wärme-Einheiten. Folglich wird in ca. 2226 Jahren eine ſolche Verdampfung infolge der Sonnenſtrahlen einmal vollzogen ſein. In früheren Zeiten wird die Bewölkung etwas ſtärker geweſen ſein, und ſomit etwa in $2^1/_2$ Millionen Jahren alles Waſſer der Erde 1000 mal den atmoſphäriſchen Kreislauf gemacht haben. In den vorhergehenden Zeiten wird die Bewölkung noch ſo ſtark geweſen ſein, daß vielleicht 4 bis 5 Millionen Jahre erforderlich waren, um den gleichen Proceß noch 600 mal vollziehen zu können. In noch früheren Perioden dagegen wird die Dampf-Atmoſphäre ſo mächtig geweſen ſein, daß die Sonnenſtrahlen nicht im Stande waren, die dichte Wolkendecke zu durchbrechen, und ihre Wirkung ſich nur darauf beſchränkte, die oberſten Schichten der Dampf-Atmoſphäre etwas zu erwärmen, oder vielmehr deren Abkühlung zu verlangſamen. Unter Annahme eines ſolchen zeitlichen Verlaufes der Erſcheinungen ſtimmt ſomit dieſe Berechnungsweiſe ziemlich gut mit der obigen.

Wir erſehen alſo aus dieſen Betrachtungen, daß die großen

Waſſermengen, welche die Geologen poſtuliren, in der kosmogoniſchen Theorie, welche wir annehmen, eine reale phyſikaliſche Entſtehungs-Urſache finden. Aus dieſen Theorien ergibt ſich nämlich mit Hilfe der angeſtellten ganz plauſiblen Berechnungen, daß während der geologiſchen Perioden die geſammte Waſſermaſſe der Erde nicht weniger als beiläufig 4200 mal den Kreislauf in der Atmoſphäre vollzogen und als Regen wieder herabgefallen ſein wird. Es ſcheint wohl, daß dieſe enorme Quantität von Waſſer den Poſtulaten der Geologen genügen wird, um alle ihre Theorien über Abwaſchungen, Eroſionen und Anſchwemmungen aufrecht halten zu können. Viel mehr als die angegebenen Niederſchlagsmengen wird aus dieſen Theorien nur unter ziemlich unwahrſcheinlichen Annahmen abgeleitet werden können.

Sollten aber ſolche Waſſermengen nicht genügen, dann müßten wir wohl eher bedacht ſein, die von den Geologen geſtellten Forderungen etwas einzuſchränken, als den in der Natur wirkſamen Kräften Wirkungen zuzuſchreiben, welche ſie nicht leiſten können. Billigerweiſe ſollten aber die Geologen ſehr zufrieden ſein, daß ſich in der Natur Kräfte nachweiſen laſſen, welche die von ihnen aus ganz andern Gründen hypothetiſch aufgeſtellten Forderungen auf eine ſehr naturgemäße Weiſe rechtfertigen und ihnen genügen; nicht aber ihre Forderungen ſo weit ausdehnen, daß dieſe Kräfte unmöglich noch denſelben genügen könnten. —

Das Zuſammenwirken der inneren Erdwärme mit der von außen zugeſtrahlten Sonnenwärme ſcheint noch für eine andere geologiſche Frage von Wichtigkeit zu ſein, bei welcher es vielleicht nicht gebührend in Betracht gezogen wird.

Es iſt einmal eine ziemlich allgemeine Anſchauung geworden, daß wir nur immer von Abkühlung reden; und wir betrachten es faſt als ſelbſtverſtändlich, daß die Temperatur in früheren Zeiten eine höhere war als in ſpäteren. Das iſt nun aber nicht nur unzutreffend, wenn wir bis zu den urſprünglichen Zuſtänden zurückgehen, da die Temperatur der früheſten Nebelmaſſen wahrſcheinlich nicht erheblich höher geweſen ſein wird als der abſolute Nullpunkt (— 273° C.), ſondern auch innerhalb des wirklich eingeleiteten Abkühlungsproceſſes treten uns unzweifelhafte ſtarke Rückfälle entgegen, welche die ſogen. Eiszeit (oder Eiszeiten) bildeten. Es iſt gar nicht zu bezweifeln, daß einmal eine Periode war, in welcher die ſkandinaviſchen Gebirge, die Alpen, Pyrenäen, die engliſchen und ſchottiſchen Gebirge nebſt

ſehr weit reichenden Vorlanden mehrere 100 Meter, ja ſtellenweiſe über 1000 Meter hoch vergletſchert waren, und daß Eisberge in Nord- und Oſt-See, und über der damals noch ſubmarinen norddeutſchen Tiefebene trieben. Das Klima Deutſchlands muß damals kälter geweſen ſein als es jetzt unter 70° n. Br. an den Nordküſten Europa's iſt.

Dies iſt eine höchſt intereſſante geologiſche Entdeckung. Aber es entſteht ſofort die Frage, wie denn dieſe Thatſache zu erklären und mit der fortſchreitenden Abkühlung aller Himmelskörper in Einklang zu bringen ſei. Eine große Menge von Erklärungsverſuchen iſt zu dieſem Ende ſchon aufgeſtellt worden. Lange Zeit war die vorherrſchende Anſicht der Geologen die, daß die Erſcheinung eine lokale geweſen ſei, welche nur Central-Europa betraf. Dem entſprechend ſuchte man die Löſung der Schwierigkeit in rein geo-phyſikaliſchen Urſachen. Ganz Skandinavien nebſt Lappland, Finnland ꝛc. war damals noch ſubmarin mit Ausnahme der Gebirge, ſo daß das Eismeer mit ſeinen Eisbergen und erratiſchen Blöcken bis in das Herz Deutſchlands vordringen konnte. Der Golfſtrom ſoll damals über die noch ſubmarine Landenge von Panama hinweg in den ſtillen Ocean ſeinen Weg genommen haben, und ſomit das nördl. Eismeer ſeiner kräftigſten Wärmequelle beraubt und weit kälter geweſen ſein als gegenwärtig; die Sahara ſoll noch Meer und deshalb unſere Südwinde weniger warm und weit feuchter geweſen ſein, ſo daß ſie enorme Maſſen von Eis an die höheren Gebirge Europas abſetzen konnten.

Alles das iſt ſchön und ſinnreich, aber doch wenigſtens zum Theil nur hypothetiſch. Und zudem erkannte man allmählich, daß die Eisperiode nicht eine lokale Erſcheinung war. In Nord-Amerika finden ſich dieſelben und noch mächtigere Symptome einer Eiszeit als in Europa. Ebenſo ſind in Patagonien und in Neu-Seeland unzweifelhafte Spuren von ſehr ſtarker Vergletſcherung gefunden worden, wie ſie gegenwärtig bei weitem nicht mehr exiſtirt. Es iſt ſonach klar, daß dieſe Erklärungsweiſe nicht ausreicht.

Es hat nun Gelehrte gegeben, welche dennoch nur geo-phyſikaliſche Urſachen zur Erklärung beiziehen zu müſſen glaubten. Ein italieniſcher Gelehrter hat ſogar noch vor wenigen Jahren eine Theorie aufgeſtellt, nach welcher die ſtarke Vereiſung der Erde damals nicht nur trotz der größeren Wärme auftrat, ſondern wegen und infolge der-

ſelben; weil nämlich durch die höhere Temperatur eine ſtärkere Verdampfung und folglich eine größere Zufuhr von Material für die Gletſcher bewirkt, ſowie gleichzeitig durch die ſtärkere Bewölkung mehr Schutz gegen das Abſchmelzen durch die Sonne geboten worden ſei. Der gelehrte Herr hat auch Formeln und Rechnungen beigebracht, aus denen wirklich das gewünſchte Reſultat ſich ergibt, und die Theorie iſt von mancher Seite recht beifällig aufgenommen worden. Indes iſt doch dabei der Umſtand ganz vergeſſen worden, daß durch die Condenſation der Dämpfe eine große Quantität von Wärme wieder frei wird! Da nun ſchon die Gebirge wegen der Wolkenhülle an ſtärkerer Abkühlung verhindert ſind, und die durch Condenſation entſtehende Wärme gleichfalls am Ausſtrahlen gehindert iſt und ſchon an ſich das Klima überhaupt als wärmer angenommen wird, wie könnten da größere Gletſchermaſſen ſich bilden? Und nun gar ſo enorme Eismaſſen von 1000 m Dicke! Wie man ſieht, werden manchmal auch von der „exacten Wiſſenſchaft" Leiſtungen verübt und auch mit Calcul bewieſen, für welche ein „Laien-Verſtand" nicht ausreicht. Wenn ſo etwas von einem kirchlichgeſinnten Gelehrten des Mittelalters wäre geleiſtet worden, dann würde es wohl von vielen Seiten in ganz anderer Weiſe beurtheilt worden ſein.

Schon vor dieſem letzterwähnten Verſuch hat man kosmiſche Urſachen aufgeſucht, um das auffällige Phänomen zu erklären. Einige Gelehrte haben behauptet, unſer ganzes Sonnenſyſtem ſei auf ſeiner Wanderung im Weltenraum damals in eine beſonders kalte Region hineingerathen geweſen. Dieſe Erklärung iſt aber kaum beſſer als die vorhergehende. Auch beruht ſie blos auf einer Behauptung, für welche weder ein Calcul oder ſonſt eine Bekräftigung, noch auch nur ein Beweis für die Möglichkeit beigebracht werden könnte.

So iſt nach vielfachem Probiren und Tappen endlich die Theorie die vorherrſchende geworden, welche nach James Croll in der veränderlichen Lage des Frühlingspunktes zur Erdbahn-Axe, verbunden mit der veränderlichen Excentricität der Erdbahn, die Urſache der Erſcheinung zu finden glaubt. Die Axe der Erdbahn bewegt ſich nämlich rechtläufig jährlich um 11".468, und gleichzeitig der Frühlingspunkt rückläufig um 50".2113. Die gegenſeitige Lage ändert ſich alſo jährlich um 61".6793, und das macht in ca. 21000 Jahren einen vollen Umlauf aus. Im Verlauf einer ſolchen Periode fällt das Perihel ſucceſſiv in die vier verſchiedenen Quadranten der Bahn, welche den vier Jahreszeiten entſprechen, und das hat zur Folge eine

Verſchiedenheit in dem Charakter und der Intenſität dieſer Jahreszeiten.

Gegenwärtig ſind wir beiſpielsweiſe in einer Zeit, wo das Perihel am 31. Dezember, alſo in unſerem Winterquartal (Dez., Jan., Febr.) erreicht wird. Das hat zur Folge, daß dieſes Quartal um 5 Tage kürzer iſt als das Sommerquartal (Juni, Juli, Auguſt). Der Exceß der kalten Winternächte über die Tage iſt alſo vermindert und gleichzeitig ſind wir der Sonne näher, ſo daß die Wintertage etwas wärmer ſind, als wenn die Bahn kreisförmig wäre. Im Sommer dagegen iſt die Zahl der wärmeausſtrahlenden Nächte größer und die Tage weniger heiß, weil die Sonne etwas weiter entfernt iſt, ſonach iſt die Wärme etwas gemäßigter. Im allgemeinen haben wir alſo ein mehr temperirtes Klima mit abgeſtumpften Jahres-Extremen. Auf der ſüdlichen Halbkugel dagegen iſt das Winter-Quartal um 5 Tage länger als das Sommer-Quartal. Deshalb entſteht aus dem täglichen Kälte-Ueberſchuß im Winter durch Summirung eine tiefere Temperatur, während die geringere Zahl der Sommernächte eine geringere Ausſtrahlung und die größere Nähe der Sonne eine ſtärkere Sommerhitze bewirken wird. Das Klima wäre alſo dort ein mehr excesſives mit verſtärkten Extremen, jedoch ſo daß das winterliche Extrem dem ſommerlichen gegenüber überwiegt und ſomit durch Summirung im Lauf der Jahrhunderte ein kälteres Klima bewirkt. Der angegebene Unterſchied in den beiden Hemiſphären iſt gegenwärtig nicht groß, weil die Excentricität der Erdbahn gering iſt (0·01677). Indeſſen könnte er hinreichen, um im Verein mit andern terreſtriſchen Urſachen das kältere Klima der ſüdlichen Halbkugel gegenüber der nördlichen zu erklären.

In früheren Zeiten war aber die Excentricität der Erdbahn größer, da ſie ja noch gegenwärtig um 0″.00004244 in jedem Jahrhundert abnimmt. Dieſe Abnahme iſt zwar weder conſtant, noch auch ſo regelmäßig verlaufend wie andere Aenderungen der Bahn-Elemente; aber im allgemeinen war ſie während der letzten 100000 Jahre weit größer als gegenwärtig, da wir uns nicht weit von dem Minimal-Werth befinden. Somit wird auch die Wirkung auf die beiden Hemiſphären in früheren Zeiten eine ſtärkere geweſen ſein. Zur Zeit da die Excentricität der Erdbahn ihren Maximal-Werth = 0·077 hatte, betrug der Unterſchied zwiſchen dem längſten und kürzeſten Quartal gegen 24 Tage. Wenn alſo das Aphelium in das Winter-Quartal fiel, wird die entſprechende Hemiſphäre mehrere Jahr-

tausende hindurch einen solchen Ueberschuß winterlicher Kälte erlitten haben, daß durch fortgesetzte Summirung und gleichsam Aufspeicherung derselben wohl das Klima einer sehr strengen Eiszeit erreicht werden konnte.

Somit wäre eine kosmische Erklärung für die Eisperiode gefunden. Es würde nur aus derselben folgen 1. daß nicht eine Eiszeit, sondern mehrere bestanden haben, und 2. daß diese Eiszeiten nicht gleichzeitig auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre stattfanden, sondern abwechselnd, so daß die nördliche ein milderes Klima hatte, während auf der südlichen eine Eiszeit herrschte, und umgekehrt. Beide Folgerungen sind mit den geologischen Forschungen sehr wohl vereinbar. Eine Mehrheit der Eiszeiten ist durch die neueren Forschungen mit einiger Sicherheit nachgewiesen. Daß aber beide Hemisphären gleichzeitig Eiszeiten gehabt hätten, das wird durch die geologischen Forschungen nicht bewiesen, sondern blos daß beide irgend einmal Eisperioden durchgemacht haben.

Danach werden wir also die letzte Eiszeit vor etwa 7000 bis 11000 Jahren gehabt haben, welche vor ungefähr 9000 Jahren ihre größte Intensität besaß. Solche periodische Erscheinungen nämlich, welche auf der Summirung von Einzelwirkungen beruhen, erreichen ihr Maximum nicht dann, wenn die Ursachen derselben ihre größte Intensität besitzen, sondern um etwa $^1/_{10}$ der ganzen Periodendauer später, gerade so wie die stärkste Kälte nicht am 21. Dezember stattfindet, sondern im Mittel am 26. Januar. Die Eiszeit wird also für die nördliche Halbkugel am intensivsten sein, wenn das Aphelium um den 26. Januar erreicht wird; das war aber gerade vor 9000 Jahren der Fall. Weitere 21000 Jahre früher wird eine andere Eiszeit bestanden haben und zwar von größerer Intensität, und noch 21000 Jahre früher wieder eine ꝛc. Zwischen diesen einzelnen Zeiten war dagegen auf der nördlichen Halbkugel milderes Klima, und auf der südlichen herrschte die Eiszeit.

Es knüpft sich hieran ganz naturgemäß eine wichtige Bemerkung. Die Geologen behaupten nämlich, daß ihre Forschungen mit Sicherheit erwiesen haben, daß das Menschengeschlecht gleichzeitig mit der Eiszeit existirt habe. Man hat dieses ausgebeutet in dem Sinn, als ob dieses Ergebniß der Wissenschaft ganz unvereinbar sei mit den Berichten der heil. Schrift, da die Eiszeit vor einigen hunderttausend Jahren bestanden habe, das Menschengeschlecht nach der Bibel aber erst seit etwa 6000 Jahren existiren solle. Nun wir sehen, daß dieser

pomphafte Einwurf gegen die Wahrheit der Offenbarung, wie alle anderen, auf eine ganz geringe Schwierigkeit zusammenschrumpft, welche gar nicht werth ist, daß man so viel Aufhebens davon macht.

Die Mitte der letzten Eiszeit war vor 9000 Jahren oder etwa 7100 Jahre vor Christi Geburt. Da nun aber die Dauer derselben 21000 : 4 = 5250 Jahre betrug, so war das Ende der Eisperiode um das Jahr 4480 v. Chr. Nun ist die Zeit, um welche das Menschengeschlecht geschaffen wurde, in der heil. Schrift keineswegs so genau bezeichnet, daß nicht starke Meinungsverschiedenheiten bestehen könnten. Das Martyrologium romanum selbst gibt dafür das Jahr 5199 v. Chr. an, Nicephorus 5505, der heil. Cyrillus Alex. 5624. Und man könnte noch weiter zurückgehen, ohne der heil. Schrift zu widersprechen, wie u. A. in den „Laacher Stimmen" sehr gut nachgewiesen worden ist. Es ist sonach eigentlich keine Schwierigkeit mehr darin zu finden, daß Menschen zur Zeit der letzten Eisperiode gelebt haben. Wollen wir noch den Umstand zu Hilfe nehmen, daß, gleichwie manchmal ein Winter lange über seine normale Zeit hinaus andauert, ebenso eine Eisperiode im entsprechenden Verhältniß länger anhalten konnte, und nehmen wir auch auf die obenerwähnten geophysikalischen Ursachen (S. 97) Rücksicht, welche möglicherweise erst zur Zeit der Sündfluth sich abspielten, so dürfte die ganze Schwierigkeit als vollkommen haltlos sich erweisen.

Die erwähnte kosmische oder astronomische Erklärungsweise der Eisperioden ist also einestheils von Seite der christlichen Offenbarung keinem erheblichen Bedenken ausgesetzt; und anderntheils spricht die allgemeine Annahme derselben dafür, daß sie auch wissenschaftlich begründet sei. Wenn die Gesetze, nach welchen die Summirungen klimatischer Excesse im Lauf eines Jahres und im Lauf von Jahrhunderten sich vollziehen, noch gründlicher erforscht sein werden, dann wird auch wahrscheinlich diese Theorie, gegenüber einigen Schwierigkeiten, die dagegen erhoben werden könnten, noch besser begründet erscheinen.

Es scheint indes, daß auch in den von uns angenommenen kosmogonischen Theorien ebenfalls eine Erklärungs-Ursache wenigstens für eine Eisperiode gefunden werden könne, und zwar ist das wesentliche Moment dabei, wie eingangs angedeutet wurde, in der Combination der inneren Erdwärme mit der Wirkung der Sonnenwärme gelegen. Manche Autoren (so namentlich Faye) wollen bei dieser Frage die objective Veränderlichkeit der Sonnenwärme gänzlich aus-

geſchloſſen wiſſen, weil uns darüber nichts bekannt ſei. Aber wir wiſſen doch, daß die Sonnenſtrahlung im Anfang eine ſehr ſchwache war und nur allmählich die gegenwärtige Intenſität erreichte; und ferner, daß die Ausbildung der Sonne wegen der ſo großen Maſſe bei weitem langſamer vor ſich ging als die der Planeten. Eine ſehr ſtarke Variabilität der Sonnenſtrahlung während der etwa 100 Jahr-Millionen, welche die Geologen gewöhnlich für die Entwicklung der Erde während der geologiſchen Perioden beanſpruchen, kann alſo nicht blos, ſondern ſie muß wohl angenommen werden.

Der ganze Vorgang dürfte alſo wohl einigermaßen ſo verlaufen ſein: Zu Anfang unſerer geologiſchen Perioden wird der Sonnenball noch faſt die Größe der Mercursbahn gehabt haben. Die Strahlung der Sonne muß alſo damals und noch lange Zeit nachher eine ſehr geringe geweſen ſein. Denn wenn auch in der Sonne bereits ein Glühzuſtand exiſtirte, ſo war derſelbe doch noch ſchwach und auf die centralen Theile beſchränkt, weil nur da eine hinreichend ſtarke Compreſſion ſtattfand. Die Hitze konnte alſo nur durch die einige Millionen Meilen hohe Sonnen-Atmoſphäre ausgeſtrahlt werden und folglich nach außen nur ſehr geringe Wirkungen hervorbringen. Die Erde bedurfte aber damals auch nicht eine intenſive Beſtrahlung durch die Sonne. Sie hatte vielmehr in ſich ſelbſt noch einen ſo großen Vorrath von Wärme, daß auf ihrer ganzen Oberfläche das organiſche Leben nicht anders als in einem Treibhaus gedeihen konnte. Allein allmählich wurde der Vorrath erſchöpft. Das Klima wurde kälter, die Dämpfe der Atmoſphäre nahmen ab, und durch die klare Atmoſphäre hindurch konnte die Abkühlung in noch raſcherem Tempo erfolgen. Wohl konnte nun auch die Sonne frei hindurch ſcheinen und die tropiſchen Zonen vor gänzlicher Erkaltung bewahren. Aber ſie hatte noch nicht die Kraft, um auch die kalten und gemäßigten Zonen in ihrer Lebensentfaltung zu erhalten, und ſo konnte ſich in dieſen allmählich eine intenſive lange anhaltende Eisperiode entwickeln. Doch die Energie der Sonne wuchs und ihre Temperatur wurde nicht nur eine bedeutend höhere, ſondern eben infolge davon kam faſt ihre ganze Maſſe in den Zuſtand der höchſten Weißgluth. Die ſchwache Atmoſphäre, welche noch über ihr ſich ausbreitete, war nur mehr ganz unbedeutend und konnte eine gewaltige Ausſtrahlung von Wärme nicht mehr hindern. Da mußten denn auch auf der Erde die Zuſtände ſich ändern und die mächtigen Lagen von Eis, welche aufgeſpeichert waren, mußten im Lauf der Jahrhunderte vergehen, um wieder an-

muthigen Fluren Platz zu machen, auf denen neues Leben erblühen konnte.

Diese kosmogonische Erklärungsweise der Eisperiode schließt aber die oben erklärte astronomische nicht aus, und wahrscheinlich haben beide ihre Berechtigung. Wenn aus den geologischen Forschungen sich ergeben sollte, daß eine Eisperiode schon vor Millionen Jahren bestanden haben muß, allenfalls gegen Ende des Tertiär's oder während des „Diluvium", so wird das die auf kosmogonischen Ursachen beruhende Eiszeit sein, aber nicht diejenige, während welcher der Mensch bereits existirte. Erst nach dieser sehr langen und intensiven Eiszeit konnten die durch astronomische Ursachen bewirkten Eiszeiten entstehen in Perioden von je 21000 Jahren, und mit einer längeren Periode stärkeren Anschwellens derselben, welche vielleicht 100000 bis 200000 Jahre dauerte. Nur während der letzten dieser kleineren Eisperioden wird das Menschengeschlecht schon bestanden haben. —

Wenn aber die kosmogonische Erklärung eine Berechtigung hat — wie es scheint —, dann ist das auch noch in anderer Hinsicht interessant. Es folgt nämlich daraus, daß seit jener großen ersten Eisperiode die mittlere Temperatur der ganzen Erde nicht ab- sondern zugenommen hat. Diese Zunahme kann nun recht wohl auch noch jetzt anhalten und folglich wird sich auch die Erde ein wenig ausdehnen. Wenn aber die Erde nur eine minimale Ausdehnung erleidet, so daß der Erd-Radius in einem Jahrhundert nur um (genau) 2 cm zunimmt, so ist durch die daraus folgende kleine Verlangsamung der Rotation die Acceleration des Mondes erklärt. Der Mond legt nämlich in jedem Jahrhundert um 12" in seiner Bahn mehr zurück als im vorhergehenden. Für 6" findet man eine Erklärung in der Abnahme der Erdbahn-Excentricität; aber für die übrigen 5 bis 6" hat man nur hypothetische Erklärungen. Nun jene minimale Wärmezunahme der Erde, durch welche die mittlere Temperatur der Erde in 100 Jahren nur um $^1/_{3200}$ Grad C. zunehmen würde, ergibt eine ganz plausible Erklärung dafür. Die Gezeiten werden im gleichen Sinn ebenfalls wirken, und dann kann jene Wärmezunahme noch geringer angenommen werden.

Eine andere Wirkung, welche für das ganze Menschengeschlecht von praktischer Wichtigkeit ist, besteht darin, daß die Erdkruste keine weiteren Faltenwürfe mehr bekommt. Und so lange die Menschheit bestehen wird, sind wahrscheinlich so gewaltige Kataklysmen ausge-

ſchloſſen. Die Sonne hat alſo mit ihrer Energie in ſehr heilſamer Weiſe eingegriffen, und die Mutter iſt der ſchon faſt erſterbenden Tochter in ſehr geeigneter Weiſe zu Hilfe gekommen, um ſie zu neuem Leben zu befähigen. Sie hat zwar nicht die bereits vorhandenen Falten und Runzeln beſeitigt — und das iſt ſehr gut, weil ja durch die Hügel und Gebirge, ja ſchon durch das ſehr geringe Anſteigen der Continente gegen ihre Mitte, der Wohnplatz der Menſchen unendlich an Zweckmäßigkeit und Schönheit gewinnt; aber ſie hat für lange Zeiträume die Entſtehung neuer Faltenwürfe unmöglich gemacht, — und das iſt wieder ſehr gut und weiſe eingerichtet, weil ſolche Kataſtrophen von weittragender fataler Wirkung für das Leben großer Bevölkerungs-Maſſen ſein müßten.

So ſehr alſo auch die urſprüngliche Art der Erwärmung unſeres Planeten von innen heraus, wegen der Gleichmäßigkeit der Klimata und eines beſtändigen Frühlings angenehmer ſein dürfte als die ſpätere „Heizungsmethode" durch die gluthſtrahlende Sonne von außen, ſo iſt doch dieſe letztere dem Wohle des Menſchengeſchlechtes zuträglicher. Denn jene hat zur unausbleiblichen Folge einen ſtarken Verluſt von Wärme durch Ausſtrahlung und ſolglich auch zeitweilig jene kataſtrophalen Einſchrumpfungen und Faltenwürfe der Erdkruſte. Letztere dagegen bringt nur eine etwas weit gehende Variabilität der Klimata mit ſich — und dieſe wird ja überdies nicht von Allen als ein Uebelſtand angeſehen. Deshalb wohl wird denn auch die göttliche Vorſehung das Menſchengeſchlecht erſt dann ins Daſein gerufen haben, nachdem dieſes zweckentſprechendſte von allen kosmogoniſchen Stadien erreicht war, in welchem die der Erde zugeſtrahlte Wärme derjenigen, welche durch Ausſtrahlung verloren geht, gleich kam oder dieſelbe noch ein wenig übertraf.

Der denkende Menſch wird darin eine von den unzählbaren Zweckmäßigkeiten erkennen, welche wir in der Natur bewundern, und zwar von *jenen* zahlreichen zweckmäßigen Einrichtungen, auf welche in keiner Weiſe die *Darwiniſtiſche Erklärung der Zweckmäßigkeit* ſich anwenden läßt. Hier nämlich kann von einer Anpaſſung und Vererbung gar keine Rede ſein, ſondern — um ſo zu ſagen — auf den erſten und einzigen Wurf iſt das möglichſt Zweckmäßige getroffen worden.

Der durch die Offenbarung erleuchtete Menſch könnte aber darin auch eine höhere Wahrheit vorbildlich verſinnlicht ſehen. Die niederen Lebensformen, die Pflanzen und Thiere, gehören ihrer Entſtehung und mächtigſten Entfaltung nach einer Periode an, da die Strahlen

der Sonne noch durch gewaltige irdiſche Dunſtmaſſen abgehalten waren, und die Erde aus eigenem Vorrath die Wärme ſpendete, deren ſie bedurften. Und die lebenden Weſen gehören auch einer ausſchließlich natürlichen Ordnung an. Sie ſind nur auf eigene Kraft und Fähigkeit angewieſen; alles iſt eigene Kraft oder Geſchicklichkeit, eine gewiſſe Selbſtſucht und Eigenliebe und infolge davon ein Kampf Aller gegen Alle. — Der Menſch aber gehört einer andern Periode an, da die Bedingungen des Lebens von Oben her durch die Sonne geboten werden. Und ſo iſt auch der Menſch nicht ein rein irdiſches Weſen, ſondern er iſt für das höhere Licht geboren und ſein höchſtes wahrſtes Leben vollzieht ſich durch gewiſſe Inſpirationen von Oben. Wie die Offenbarung lehrt, iſt der Menſch einer übernatürlichen Ordnung eingefügt, welche über die eigenen Kräfte des menſchlichen Geiſtes weit hinausgeht. Deshalb kann auch bei aller Entfaltung der eigenen Fähigkeit weder der einzelne Menſch noch auch die Menſchheit die Bedingungen des Gedeihens erzwingen, ſondern es muß von Oben gegeben werden. Die Wärme, welche den Menſchen beleben und begeiſtern ſoll, iſt eben nicht irdiſchen Urſprunges und noch weniger hat ſie rein irdiſche Ziele, ſondern die Sonne der Geiſter, „der Vater des Lichtes", der gütige Schöpfer ſelbſt ſpendet das höhere Licht und die Kraft, und ſeine Vorſehung leitet den Menſchen zu dem Ziele, welches nicht nur die Kräfte, ſondern auch die Ahnungen der rein natürlichen Schöpfung weit überſteigt. Wenn aber dieſe geiſtige Beſtrahlung von Oben aufhörte oder abgehalten würde, dann würde trotz eines zeitweiligen Glanzes in nebenſächlichen Dingen unausbleiblich das wahre Leben allmählich erſtarren. —

Die Planeten.

Wir ſind bei der ſpeciellen Entwicklungsgeſchichte der Erde länger verweilt, weil dieſer Planet in jeder Hinſicht uns am nächſten ſteht und wir darüber auch mehr wiſſen als über andere. Die Entwicklung der übrigen Planeten iſt eben für die empiriſchen Wiſſenſchaften ein unzugängliches Feld und kann nur durch Induction mit Hilfe einer ſoliden kosmogoniſchen Theorie aus den geringfügigen Ergebniſſen der Beobachtungen abgeleitet werden; und ſelbſt die ſo gewonnene geringe Erkenntniß iſt nur eine muthmaßliche und ermangelt der Gewißheit.

Im allgemeinen können wir wohl ſagen, daß ein Planet die Stadien der Entwicklung deſto ſchneller durchmachen wird, je kleiner

seine Masse ist und je weniger Wärme er von der Sonne empfängt, und daß ein Planet desto später entstehen konnte, je näher er der Sonne steht. Aber aus diesen allgemeinen Grundsätzen kann nicht viel abgeleitet werden, wenn nicht auch die Beobachtungen berücksichtigt werden.

So würden wir wohl geneigt sein zu glauben, daß die vier entferntesten Planeten in ihrer Entwicklung am weitesten vorangeschritten seien, da sie wahrscheinlich früher entstanden, oder doch wenigstens früher anfingen, ihre Wärme frei auszustrahlen als die übrigen. Aber diese Planeten sind auch die größten und brauchten deshalb längere Zeiten für ihre Entwicklung. Welcher von diesen beiden Umständen wird vorwiegen und den Ausschlag geben? Die Beobachtungen lehren, daß die größere Masse den vorwiegenden Einfluß hat. Sowohl die geringe Dichte dieser Planeten als auch die Umrisse, welche das Teleskop auf denselben uns wahrnehmen läßt, drängen zu der Annahme, daß das, was wir da sehen, nicht der eigentliche Planet ist, sondern eine sehr tiefe dichte Dampf-Atmosphäre, welche denselben einhüllt. Neptun hat die größte scheinbare Dichte unter diesen und so dürfte er schon weiter in der Entwicklung voran sein. Saturn und Jupiter scheinen am weitesten zurück zu sein und dürften wohl ganz am Anfang ihrer geologischen Perioden stehen [1]). Wenn auf diesem Hauptplaneten des Systemes vielleicht nach einer „Jahr-Milliarde" durch des Schöpfers Wort vernünftige Wesen sich des Lebens erfreuen sollen, dann wird unsere Erde schon längst der „Geothanie" verfallen sein und gründlicher ausgestorben sein als gegenwärtig unser treuer Begleiter, der Mond.

[1]) Für die betreffs Jupiter ausgesprochene Ansicht könnte einigermaßen auch eine empirische Bestätigung gefunden werden in dem rothen Fleck, welcher seit etwa neun Jahren in 25° südlicher Breite auf Jupiter sichtbar ist. Derselbe hat die Gestalt einer ziemlich schmalen Ellipse und nimmt mit der großen Axe, welche parallel dem Aequator ist, etwa 29 Längen-Grade ein. Ueber die Natur dieser Erscheinung ist man noch nicht im Klaren. Einige Beobachter aber (Denning, P. Perry S. J. und Tarrant) haben constatirt, daß die obere Fläche des Fleckens höher liegt als die übrige Oberfläche der Jupiter-Atmosphäre, und daß diese von dem Flecken aus „überflutet" (oder wie die Engländer sich ausdrücken „überlappt") wird. Das steht nun recht gut in Harmonie mit der oben gegebenen geogonischen Theorie. Es wird wohl an dieser Stelle in der noch dünnen Kruste des Planeten eine von jenen Verstungen in einem langen Riß erfolgt sein, von denen S. 81 die Rede war, und aus welcher dann ein langer glühend heißer Gebirgs-Rücken emporstieg. Eine heftige lokale Cirkulation in der Atmosphäre mußte die

Andererseits ist Mercur der Sonne am nächsten, also wahrscheinlich verhältnißmäßig „jung an Jahrmillionen“. Auch ist er einer sehr intensiven Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt. Man sollte deshalb glauben, er sei noch weiter zurück in seiner Entwicklung als alle andern. Aber er ist auch bei weitem der kleinste von allen. Infolge dessen hat er von Haus aus einen kleineren Wärmevorrath (6600° etwa, wie wir bereits sahen, s. S. 64), und die Abkühlung kann ceteris paribus schneller erfolgen. Wir wissen nicht, welcher Umstand hier der vorherrschende sein mag und auch die Beobachtungen lassen uns im Stich, da sie uns an diesem Planeten keine Merkmale erkennen lassen, auf welche wir einen Schluß stützen könnten.

Von Venus wissen wir durch verschiedenartige Beobachtungen, daß sie eine Atmosphäre besitzt, welche fast doppelt so dicht ist als die unsrige. Sehr ungewiß ist es dagegen, ob je ein bestimmtes

---

Folge sein, durch welche die mit Wasserdampf beladenen und schon deshalb leichteren Luftmassen, mit etwas Rauch untermischt, weit über das Niveau der übrigen Atmosphäre emporgeschleudert wurden, und folglich nach allen Seiten diese überfluthen mußten. Der Flecken ist bereits sehr stark abgeblaßt; und das dürfte einfach daher kommen, daß die Hitze des neuen Gebirges an der äußersten Oberfläche bereits stark nachgelassen hat.

Wenn diese Erklärung richtig ist, dann ist sie einerseits eine Bekräftigung der früher entwickelten geogonischen Theorie; anderseits erkennen wir daraus, daß Jupiter wirklich noch am Anfang der jovigonischen Perioden steht: denn es sind seit den letzten 100 Jahren etwa 6mal solche Erscheinungen an Jupiter beobachtet worden, was nicht wohl möglich wäre, wenn die Kruste des Planeten schon eine beträchtliche Stärke hätte. —

Ferner können wir dann daraus den Schluß ziehen, daß dieser Flecken ein zuverlässiges Merkmal ist, um die wahre Rotationsdauer Jupiters zu bestimmen. Diese ergibt sich danach = $9^h 55^m 38{\cdot}8^s \pm 0{\cdot}2^s$. Eine Bestätigung dieser Ansicht liegt auch darin, daß die Rotationszeiten, welche aus andern Merkmalen der Oberfläche abgeleitet wurden, nicht nur stark von diesem Werth abweichen, sondern auch unter sich starke Differenzen und Mangel an Constanz aufweisen, während der rothe Fleck seit seinem Bestehen constant denselben Werth liefert.

Diese Theorie des rothen Fleckes habe ich schon vor langer Zeit ausgesprochen („Pester Lloyd“, Beilage zu Nr. 121 v. 2. Mai 1880). Aber weder damals noch auch als ich die obige geogonische Theorie niederschrieb, war mir etwas von den angegebenen Beobachtungen bekannt. Wahrscheinlich werden auch jene Beobachter an diese Theorie nicht gedacht haben, als sie ihre Beobachtungen notirten. Um so interessanter dürfte sonach die Uebereinstimmung sein, welche zwischen beiden sich zeigt.

Object auf der eigentlichen Venus-Oberfläche wahrgenommen worden ist. Wahrscheinlich ist sonach dieser Planet gegen die Erde noch etwas zurück in seiner Ausbildung. Nach den obigen Principien wäre das gleiche auch a priori zu vermuthen.

Mars ist von allen Planeten derjenige, über welchen die Beobachtungen uns am meisten Aufschluß geben. Nicht blos einige hervorstechende Gegenstände auf seiner Oberfläche hat man unterschieden, sondern man hat wirkliche geographische oder vielmehr aräographische Karten derselben entworfen. In der Nähe der Pole finden sich große weiße Flecken, welche regelmäßig ab- und zunehmen, je nachdem die entsprechende Hemisphäre ihren Sommer oder Winter hat. Das sind offenbar große Felder von Eis und Schnee. Schiaparelli hat sogar Wolken unterscheiden können, indem einzelne Umrisse der Oberfläche zeitweise trüb erscheinen oder verschwinden und bald darauf wieder klar werden, während die Trübung über andere Stellen gewandert ist. Die Ausdehnung dieser Wolken ist aber eine weit geringere als auf unsrer Erde. Hieraus und aus der Ausdehnung der beiden Schneefelder können wir schließen, daß Mars in seiner Entwicklung ein wenig weiter vorangekommen ist als die Erde. Wir hätten a priori wohl vermuthen sollen, daß Mars nun ziemlich viel weiter voran sei als die Erde, da er sowohl kleiner ist als diese, als auch von der Sonne weniger Wärme erhält. Sonach scheint die früher erwähnte, auf ganz andere Gründe sich stützende Annahme, daß Mars bei seiner Entstehung sich etwas verspätet habe (s. S. 75), auch durch diese Wahrnehmungen eine neue Bestätigung zu finden. —

Nun sind noch zwei zu unsrem System gehörige Körper übrig, welche uns weit mehr interessiren und über welche mehr Untersuchungen angestellt worden sind als über alle andern, mit Ausnahme der Erde, nämlich der Mond und die Sonne. Beide haben die gleiche scheinbare Größe, aber in Wirklichkeit sind sie an Größe so verschieden, daß man aus der Sonne über 25 Millionen Massen gebildet denken könnte, die dem Mond gleich wären. Ebenso ungleich sind sie aber auch in Hinsicht auf ihre kosmogonischen Entwicklungsstadien. Der Mond ist ein bereits vollkommen ausgestrahlter erstarrter Körper, ein wahres Stück Kosmothanie; die Sonne dagegen ist noch in einem wahren kosmogonischen Zustand und in der Fülle ihrer Kraft sendet sie eine solche Menge von Licht und Wärme aus, daß nur dadurch das Leben auf den kleineren Planeten erhalten werden kann.

Der Mond.

Ueber den Mond nun wäre sehr wenig besonderes zu sagen, wenn er sich einfach wie eine kleinere bereits erstorbene Erde verhalten und neben seiner treuen Begleitung nur noch das heilsame: „Heute mir, morgen dir", der Erde vor Augen halten würde. Aber wir sehen auf seiner Oberfläche manche Eigenthümlichkeiten, welche wir nicht nur auf der Erde nicht finden, sondern die auch wahrscheinlich später nie auf der Erde statthaben werden. Wir sehen dort allerdings Gebirge und Ebenen und viele Objecte, welche ganz ebenso auf der Erde vorkommen; allein der Charakter fast aller Mondgebirge ist ein ganz anderer, indem sie große Ringgebirge um tiefe Kessel bilden. Dazu kommt noch die räthselhafte Erscheinung der „Rillen", welches lange schmale tiefe Schluchten zu sein scheinen, die durch Gebirge, Ebenen 2c. ganz ungestört hindurchsetzen und oft strahlenartig von einem Punkt auslaufen. Es ist offenbar eine sehr interessante Frage, wie diese eigenthümlichen Gebilde entstanden sein mögen.

Betreffs der kraterähnlichen Ringgebirge sind zahlreiche Erklärungsversuche gemacht worden. Es hat nicht gefehlt an Gelehrten, welche glaubten, der Mond sei, als er noch plastisch weich war, einem Bombardement von kleinen Himmelskörpern ausgesetzt gewesen, deren jeder in der Masse des Mondes einschlug und eine Höhlung mit aufgeworfenem Rand zurückließ. Das ist wohl eine recht kindlich ausgedachte Theorie, die aber eine schärfere Prüfung auch von der Seite der Möglichkeit kaum aushalten dürfte.

Andere haben geglaubt — und diese Ansicht ist noch jetzt sehr verbreitet — jeder „Mond-Krater" sei früher ein wirklicher Vulkan von sehr intensiver Thätigkeit gewesen, der sich einen Kegel von riesigen Dimensionen aufgeworfen habe. Durch die allgemeine Abkühlung der inneren Massen sei dann der Kegel seiner Unterlage beraubt worden und in sich zusammengestürzt, wobei nur der Wall ringsum noch als Gebirge stehen geblieben sei. Diese Theorie ist nicht minder unwahrscheinlich; denn es müßten diese Vulkane ganz enorme Dimensionen gehabt haben, bis zu 50 Kilometer Höhe, während es unsere so bedeutend größere Erde kaum bis zu 5 Kilometern bringt. Ueberhaupt aber dürfte man wohl einer so oft behaupteten großartigen vulkanischen Thätigkeit auf dem Mond gegenüber sich recht ungläubig verhalten. Denn nach den thermodynamischen Principien und nach den Formeln, welche wir früher brachten, könnte die mittlere Temperatur des Mondes, selbst wenn die gesammte Verdichtungswärme zusammen geblieben wäre, nur bis

zu höchstens etwa 1800° C. jemals gestiegen sein, so daß auf der Oberfläche die Wärme vielleicht nur eben hingereicht haben wird, um die Massen in zähflüssigen Glühzustand zu bringen.

Allein eine andere wirklich plausible Erklärung gibt es nicht. Diese Gebirgsformation auf dem Mond gehört zu den vielen Dingen, die wir beständig vor Augen haben und nach Belieben beobachten können und für welche wir doch keine Erklärung wissen. Auch betreffs der Rillen ist man noch vollständig im Unklaren. Es hat da nicht gefehlt an „Gelehrten", welche glaubten, dies seien Chausseen, welche von ehemaligen großen Städten nach verschiedenen Richtungen ausliefen.

Es ist also da noch ein ziemlich freies Feld für Hypothesen; und so könnte es ja auch uns gestattet sein, einen vermeintlichen Beitrag für den Tempel der Wissenschaft zu liefern. Nun möchte es scheinen, daß die Erklärung von Erscheinungen, welche dem Mond ganz eigenthümlich sind, auch in der physischen Beschaffenheit und in Umständen begründet sein müsse, welche diesem Himmelskörper specifisch eigen sind und ihn von der Erde unterscheiden. Dahin gehört nun hauptsächlich die ca. 80 mal geringere Masse und als Folge hiervon, daß nicht nur die Schwerkraft am Mond über 6 mal kleiner ist als auf der Erde, sondern daß derselbe auch bis zu einer sehr tiefen Temperatur erkaltet sein muß. Dies letztere ist nun auch nicht mehr eine bloße Vermuthung, sondern durch die äußerst sinnreichen und schönen Untersuchungen des Prof. Langley in Amerika ist es experimentell erwiesen, daß die Temperatur des Mondes tief unter Null ist. Ferner hat der Mond das Eigenthümliche, daß an seiner Oberfläche keine Gewässer existiren. Man könnte hiernach zu folgender Auffassungsweise geleitet werden.

Als der Mond bereits erstarrt, aber noch heiß war, mußten durch die fernere Abkühlung Hohlräume entstehen. Denn die Zusammenziehung zerklüftete zunächst die Felsmassen in einer Richtung, welche zu derjenigen der Contraction senkrecht steht, d. h. vorzugsweise in horizontalen Spalten. Nun wird stellenweise das „Hangende" dieser Zerklüftungen infolge der geringen Schwerkraft stark genug gewesen sein, um das eigene Gewicht zu tragen. Das „Liegende" aber folgte stetig dem Zug der Contraction gegen unten und folglich wurde der Hohlraum immer größer. Denken wir uns nun einen solchen Hohlraum etwa 10 Kilometer unter der Oberfläche angewachsen zu 6 Kilom. Höhe und 20 Kilom. Weite. Es muß da

ein gewaltiger Gewölbedruck eingetreten ſein und bei fortwährend zunehmender Ausdehnung mußte ſchließlich das Geſtein doch zermalmt werden und die ganze Blaſe einſtürzen.

Wie wird nun aber ein ſolcher Einſturz vor ſich gegangen ſein? Offenbar wurde das Geſtein im allgemeinen zuerſt an der Stelle zermalmt, an welcher der größte ſtatiſche Druck ſtattfand, d. i. nicht oben in der Mitte, ſondern ringsum in der Tiefe neben dem Hohlraum. Nachdem an einer Stelle das feſte Gefüge gebrochen war, wuchs der Druck an den noch unverſehrten Stellen derart, daß auch dieſe zerbröckeln mußten. Die ganze Gewölbedecke brach alſo ein, indem ſie mit einem immenſen Seitendruck gegen die daneben befindlichen Maſſen ſich ſtemmte. Unter einem ſo enormen Druck verhält ſich aber eine zerbröckelte Maſſe nicht anders als ob ſie in halbflüſſigem Zuſtand wäre. Und da dieſe zuſammengepreßte Maſſe nach keiner Seite dem Druck nachgeben und ausweichen konnte, als nur nach oben, ſo wurde ſie in die Höhe gepreßt, wobei ſie natürlich die darüber liegenden Schichten hoch emporhob. Dieſe bildeten dann entweder ein einfaches Ringgebirge von etwas größerem Durchmeſſer als der urſprüngliche Hohlraum, oder infolge localer Feſtigkeits-Unterſchiede mit großen Zerklüftungen einige parallel gerichtete Höhenzüge um den inneren Keſſel herum.

Aber indem die Decke einſtürzte, wurde auch ſie zerbröckelt und zermalmt und deshalb unterlag ſie auch den Geſetzen, welche für zähflüſſige Maſſen gelten. Nun iſt aber bekannt, daß ein hydrodynamiſcher Druck außerordentlich an Intenſität zunimmt, wenn von verſchiedenen Seiten her die Drücke gegen dieſelbe Stelle convergiren. So iſt z. B. der hydroſtatiſche Druck der Meeresfluth kaum im Stand, das Waſſer 2 Fuß hoch zu heben. Aber in Meeresbuchten, welche ſich verengern, ſo daß der durch die Bewegung entſtehende hydrodynamiſche Druck concentrirt wird, da wird das Waſſer 30 bis 70 Fuß hoch gehoben. Nun convergiren in unſrem Fall die Gewölbedrücke offenbar gegen die Mitte. Alſo wurde, da einmal die Maſſen zerbröckelt und die Bewegung eingeleitet war, der Druck dort am ſtärkſten. Deshalb wurden auch da die Maſſen gegen oben gepreßt und hoben aus den oberſten Schichten je nach der lokalen Verſchiedenheit des Zuſammenhanges einen oder einige kleinere Hügel empor, die jedoch nie die Höhe des Ringwalles erreichen konnten.

Hiernach wären alſo die Gebirge auf dem Mond im Grund durch

die gleiche Urſache entſtanden wie auf der Erde, nämlich ein gewaltiger Gewölbeſchub hat ſie aus der Oberfläche emporgepreßt. Nur die näheren Umſtände ſind verſchieden geweſen und dem entſprechend die äußere Geſtaltung der Gebirge. Auf der Erde werden ſolche Formationen, wie ſie auf dem Mond die gewöhnlichen ſind, wahrſcheinlich auch in ſpäteren Perioden nie vorkommen, weil die Schwerkraft ſo ſtark iſt, daß Hohlräume von großer Ausdehnung ſich kaum werden bilden können [1]).

Nun werden viele von den auf dem Mond entſtandenen Hohlräumen von den Gewäſſern der Oberfläche erreicht worden ſein. Nach entſprechender Auswaſchung der Waſſeradern wurden ſie alſo auch ganz angefüllt und durch Nachfluß auch angefüllt erhalten trotz der Erweiterung des Raumes. Hieraus erklärt ſich in ſehr einfacher Weiſe die Thatſache, daß auf der Oberfläche kein Waſſer mehr exiſtirt. Durch die eingedrungenen Waſſermaſſen wurde offenbar die Haltbarkeit des Hohlraumes vermehrt. Aber die Verhältniſſe änderten ſich, als die Temperatur ſehr tief unter Null ſank. Bei — 20° C. werden alle dieſe eingeſchloſſenen Waſſermaſſen durchaus erſtarrt ſein trotz des enormen Druckes. Die unausbleibliche Folge mußte dann ſein, daß der große Behälter des Waſſers geſprengt wurde. Die Sprünge, welche dabei entſtanden, das ſind eben die Rillen, und es iſt leicht erklärlich, daß dieſelben ganz unabhängig von der äußeren Geſtaltung der Oberfläche ſich ausdehnen mußten und Gebirge, Ebenen ꝛc. ohne Unterſchied durchſetzen konnten.

Aber noch mehr. Auch die ſtrahlenförmige Lage der Rillen um gewiſſe Centra erklärt ſich daraus. Ein befreundeter Phyſik-Profeſſor, dem ich dieſe Idee mittheilte, ſtimmte mir nicht nur ſogleich bei, ſondern machte mich auch auf den genannten Umſtand aufmerkſam. Vor ſeinem Fenſter war ihm in dieſem Winter ein mit Waſſer faſt gefüllter Glaskolben gefroren. Das Glas war geſprungen, aber merkwürdigerweiſe nicht in regelloſen Sprüngen, ſondern durchaus nach einer ſtrahligen Structur. Von einem ſeitlich gelegenen Punkt des Kolbens, etwa in halber Höhe des Waſſers, gingen mindeſtens 20 Sprünge radial auseinander und das Ganze zerfiel in zwei Theile, deren jeder aus 9 bis 12 radialen Splittern beſtand. So wird alſo

[1]) Die Aſtronomen wollen indeß aus gewiſſen Ablenkungen der Lothlinie erwieſen haben, daß in der Nähe von Moskau ein rieſig großer unterirdiſcher Hohlraum exiſtiren muß.

auch auf dem Mond die strahlenförmige Gruppirung vieler Rillen, wenn nicht in ganz ähnlicher so doch in analoger Weise auf die gleiche Ursache zurückzuführen sein, nämlich auf Berstungen durch eingeschlossenes gefrierendes Wasser. —

Die Sonne.

Wie aller Stoff auf der Erde durch die Schwerkraft gegen den Mittelpunkt der Erde hingezogen wird, so streben alle Massen, welche unsrem Planetensystem zugetheilt wurden, gegen dessen Centrum — die Sonne. Nur einige kleine Bruchtheile, welche zusammen etwas über $^1/_{800}$ der ganzen Masse ausmachen, haben es vermocht, der wirklichen Vereinigung mit derselben sich zu entziehen; aber sie kommen dafür auch nie zur Ruhe, sondern müssen in ewigem Kreislauf das Central-Gestirn umschweben und so der überlegenen Macht desselben in einer um so augenfälligeren Weise gleichsam ihre Anerkennung zollen. Auf einem der kleineren dieser Bruchstücke, in einem unbedeutenden Winkel dieser Scholle, da hat uns der gütige Schöpfer das Licht des Tages erblicken lassen.

Wir sehen nun dieses große Central-Licht vor uns; sein Glanz blendet unsere Augen. Aber der denkende Mensch möchte auch mit dem Auge des Geistes einigermaßen erfassen, was in jenem Centrum unsres Systemes eigentlich vorgeht, und wie die Einrichtung getroffen ist, daß aus den Kräften der Natur nach deren unwandelbaren Gesetzen so viel Segen für unser Gedeihen hervorgehe.

Wie aber das Getriebe in großen Hauptstädten, den Mittelpunkten großer Völker, sehr verschieden ist von dem Leben, welches in einer entlegenen ländlichen Hütte mühevoll und glanzlos sich abhaspelt, und deshalb einem einfachen Landmanns-Verstand in vielen Dingen unfaßbar ist, so finden wir auch hier, daß die Verhältnisse auf der Sonne überaus verschieden sind von denen, welche wir unsern Experimenten unterziehen können; und trotz aller Fortschritte der exacten Wissenschaften ist uns ein klarer Einblick in viele der dortigen Verhältnisse noch unmöglich. Fanden wir schon auf dem Mond einige Eigenthümlichkeiten, welche auf der Erde nicht vorkommen, so muß jedenfalls der Unterschied gegen die Sonne ein noch weit größerer sein. Die Masse der Sonne ist 333000 mal größer als die unserer Erde, die Schwerkraft etwa 28 mal stärker und die Hitze eine so immense, daß wir von derselben und von deren Wirkung auf körperliche Stoffe uns keine, auch nur annähernd klare Vorstellung machen können.

Doch wir laſſen uns nicht abſchrecken. Iſt auch manches unſerm Verſtändniß unzugänglich und vieles unklar, ſo wiſſen wir doch, daß im Grund die gleichen Naturgeſetze auch dort walten. Dem ausdauernden Fleiße erſchließt ſich manches, was vorher dunkel war, und was nicht vollſtändig erfaßt werden kann, das können wir doch allenfalls mit analogen Begriffen oder plauſiblen Muthmaßungen unſerem Verſtändniß näher bringen.

In der That iſt es denn auch den vereinten Beſtrebungen der Aſtronomen und Aſtrophyſiker gelungen, doch über ſehr viele Vorgänge auf der Sonne wenigſtens einige klare Einſicht zu erzielen. Und beſonders in den letzten drei Decennien ſind gerade in dieſer Richtung ſehr große Fortſchritte gemacht worden. Die „Theorie der Sonne“ iſt infolge deſſen jetzt in einem faſt unvergleichlich vollkommeneren Stadium, als ſie noch vor einem Viertel-Jahrhundert war. Man kann deshalb dieſe Theorie mit Recht als eine „wiſſenſchaftliche Actualität“ bezeichnen. Aus dieſem Grund iſt es wohl zu entſchuldigen, ja es wird vielleicht manchem Leſer angenehm ſein, wenn darüber etwas eingehender gehandelt wird.

Zunächſt iſt nun klar, daß wir auf rein theoretiſchem Weg, von der allgemeinen kosmogoniſchen Theorie ausgehend, für die Erkenntniß der eigentlichen Natur der Sonne nicht viel gewinnen können. Es iſt überhaupt ein fehlerhaftes Beginnen, welches nur zu häufig begangen wird, daß man Erſcheinungen der Natur, ſelbſt wenn kaum ein Anfang einer ſoliden Erklärung derſelben gemacht iſt, doch nur im Licht einer vorgefaßten Theorie auffaſſen will. Die Natur iſt dazu da, damit wir Kenntniſſe daraus ſchöpfen und unſre Anſchauungen erweitern und klären, nicht aber damit wir unſre Begriffe ihr gleichſam aufzwingen ſollen. Sind wir in unſern früheren Betrachtungen von den Beobachtungen über den gegenwärtigen Zuſtand der Welt ausgegangen, um rückwärts ſchließend zu der allgemeinen kosmogoniſchen Theorie aufzuſteigen, ſo muß dasſelbe Verfahren hier gleichſam fortgeſetzt und ergänzt werden. An der Hand der Beobachtungen ſind die bereits vorhandenen, wohlbegründeten theoretiſchen Geſichtspunkte von der größten Wichtigkeit für das Verſtändniß und die Erklärung der beobachteten Erſcheinungen. Aber die Theorie allein iſt dazu nicht nur nicht hinreichend, ſondern ſie ſelbſt findet vielmehr eben hierbei ihre Vervollkommnung. Und ſo muß auch unſre kosmogoniſche Theorie wenigſtens in bezug auf die Vorgänge in unſerm Central-Geſtirn durch die Beobachtungen eine genauere Präciſirung der Auffaſſungen finden.

Digitized by Google

Indeß einiges ſagt uns doch ſchon die Theorie allein, ſoweit wir ſie bereits betrachtet haben, namentlich das, daß wir im Mittelpunkt der Sonne das erſte Condenſations-Centrum des zu unſerm Planetenſyſtem gehörigen Urnebels zu ſuchen haben, gleichſam den Embryonal-Kern des ganzen Syſtems.

Ferner gibt uns die Kant-Laplace'ſche Theorie (aber NB. ohne daß Kant oder Laplace etwas davon gewußt oder verſtanden hätten!) einen hinreichenden Aufſchluß über die wichtige Frage nach der Urſache, von welcher die Wärme der Sonne herrührt und unterhalten wird. In Verbindung mit den Geſetzen der allgemeinen Gravitation und der Aequivalenz aller phyſikaliſchen Kräfte lehrt ſie uns, daß durch die Verdichtung der Sonnenmaſſe eine enorme Quantität von Wärme erzeugt werden mußte. Dieſe Wärme, ſoweit ſie bis jetzt „frei" wurde, iſt beiläufig ſo groß, daß zu ihrer Erzeugung eine Steinkohlenmaſſe verbrannt werden müßte, welche die Maſſe der Sonne etwa 4000 mal, unſere Erde aber ca. 1320 Millionen mal überträfe. Die Contraction der Sonne iſt aber noch nicht zu Ende und durch die fortgeſetzte Verdichtung wird noch ſo viel Wärme erzeugt, daß der Bedarf noch auf viele Millionen Jahre dadurch reichlich gedeckt wird. Damit iſt indeß nicht ausgeſchloſſen, daß auch noch andere Urſachen für den gleichen Zweck mitwirken. Namentlich wird durch das Hineinſtürzen kosmiſcher Maſſen, Meteore und Kometen in die Sonne infolge der gewaltigen Attractionskraft derſelben eine große Quantität Wärme hervorgebracht werden. In ſpäteren Stadien wird auch die chemiſche Verbindung der Elemente, welche gegenwärtig in der Sonne noch „in Diſſociation" ſich befinden, kräftig mitwirken, um den Bedarf zu decken.

Dieſer in der Sonne nach bekannten Geſetzen entwickelte Vorrath von Wärme iſt ſo immens groß, daß ſelbſt die gleichfalls enorm große Ausſtrahlung der Wärme durch die Sonne dagegen zurückbleibt. Eben deshalb beſitzt dieſelbe noch eine ſo äußerſt hohe Temperatur, daß ſie nicht einmal angenähert geſchätzt werden kann und die Abkühlung geht ſo äußerſt langſam von ſtatten, daß alle Stadien der kosmogoniſchen Entwicklung von der Sonne in weit langſamerem Tempo durchgemacht werden als von den Planeten. Die Ueberfülle der Lebenskraft hindert eben das ſchnelle Altern trotz des enormen Verbrauches dieſer Kraft. Alle Planeten ſind ſchon weit voran in ihrer Entwicklung; die kurzlebigen Enkel — die Monde — ſind ſchon alle längſt todt und erſtarrt; und ſie ſelbſt ſteht noch in der Fülle

kosmogonischer Urkraft gleichsam am Anfang ihrer Laufbahn — „wie ein Riese erhebt sie sich freudig, zu laufen ihre Bahn“ (Ps. 18). Ja auch die Planeten — mit Ausnahme der größten — können nur noch infolge der von der Sonne ihnen zugestrahlten Kraft eine Wohnstätte für lebende Wesen bieten. —

Damit sind wir nun aber schon fast zu Ende mit den Folgerungen, welche wir aus der kosmogonischen Theorie a priori ziehen können. Denn gehen wir auch nur einen Schritt weiter und stellen die enorme Hitze, welche auf der Sonne herrscht, zusammen mit dem immensen Druck, welchem die Massen dort ausgesetzt sind, so kommen wir aus diesen beiden einfachen Thatsachen schon vor eine wichtige Frage, für welche weder jene Theorie noch auch die Wissenschaft überhaupt eine befriedigende Antwort geben kann. Wir wissen, daß auf der Sonne ein unermeßlicher Druck herrschen muß, welcher im Centrum der Sonne auf etwa 2000 Millionen Atmosphären steigt (cf. supra S. 30). Anderseits ist die Temperatur der Sonne eine so enorme, daß sie alle unsere auf Erfahrung stützbare Messungsversuche nahezu illusorisch macht. An der Oberfläche wird dieselbe wohl 40000 bis 100000° betragen, während sie gegen das Centrum hin wahrscheinlich auf 10 Millionen und vielleicht auf 30 oder mehr Millionen anwachsen wird. Welche von *diesen* beiden Naturkräften wird denn nun wohl überwiegen? Nach unermeßlichen Zeiträumen wird allerdings schließlich die Gravitation gewiß überwiegen, ganz ähnlich wie wir das bereits betreffs derselben beiden Kräfte im Urnebel selbst fanden (siehe oben S. 27), weil die Wärme gleichsam als das weniger materielle und erdhafte Agens nachgibt, mit ihrer Energie in den Weltraum ausstrahlt und das Feld allmählich räumt. Kein Zweifel, daß nach etlichen Milliarden von Jahren die Sonne vollständiger erkaltet sein wird als gegenwärtig unsere Erde. Allein welches ist denn die *gegenwärtige* Wirkung jener beiden widerstrebenden Kräfte? Klarer ausgesprochen: Wird der Stoff durch die Wärme trotz des Druckes in *gasförmigem* Zustand erhalten, oder wird er durch den enormen Druck trotz des Widerstrebens der Wärme in den festen oder doch *flüssigen* Aggregatszustand gebracht werden?

Niemand ist im Stand, diese Frage mit Sicherheit zu beantworten; und auch aus den uns bekannten Naturgesetzen kann kein zuverlässiger Schluß gezogen werden, weil dieselben nur auf Beobachtungen

beruhen, welche unter gänzlich verschiedenen Umständen angestellt wurden.

Ja noch mehr, es scheint, daß auf diese Frage gar keine Antwort möglich sei, welche nicht mit unseren Naturgesetzen in Widerspruch käme. Denn nehmen wir an, das Innere der Sonne sei in flüssigem oder festem Zustand, dann müßte die mittlere Dichte der Sonne mindestens gleich derjenigen der Erde sein. Denn einestheils wissen wir durch die spektroskopischen Beobachtungen, daß die Sonne zum weitaus größten Theil aus Metallen besteht und anderntheils ist es a priori ziemlich gewiß, daß schon von den ersten Stadien anfänglicher Verdichtung an vorzugsweise die dichteren Stoffe gegen das Centrum der Anziehung hin sich senken mußten — wie ja auch thatsächlich der der Sonne zunächststehende Mercur fast $1^1/_2$ mal dichter ist als die Erde. In Wirklichkeit ist aber die mittlere Dichte der Sonne nur $^1/_4$ von der unserer Erde. — Nehmen wir aber anderseits an, die Sonne sei durchaus in gasförmigem Zustand, dann müßte die Zunahme der Dichte gegen das Innere zu nach dem Mariotte'schen Gesetz eine so enorme sein, daß die mittlere Dichte der Sonne bei weitem größer sein würde als die irgend eines der uns bekannten Metalle. Und diese Folgerung könnte nur dann gemäß dem Gay-Lussac'schen Gesetz entkräftet werden, wenn wir eine Temperaturzunahme gegen das Centrum hin annähmen, welche etwa 2° auf jedes Meter betrüge. Damit bekämen wir aber im Centrum eine Temperatur von ca. 1300 Millionen Graden und die Gesammtwärme der Sonne, welche noch gegenwärtig in derselben enthalten ist, würde mindestens 10 mal größer sein, als die bekannte Verdichtungswärme der Sonne in Wirklichkeit sein kann.

Doch diese Schwierigkeiten sind nicht unübersteiglich, weil sie ja auf Gesetzen beruhen, deren Allgemein-Gültigkeit sehr fraglich ist. Es gibt dagegen ein Gesetz, welches man zu denjenigen zu rechnen pflegt, die absolute Geltung haben, nämlich daß für jeden Stoff eine sogen. kritische Temperatur existirt, derart, daß wenn derselbe über diese Temperatur hinaus erhitzt wird, absolut kein Druck mehr hinreicht, ihn aus dem dampfförmigen in den flüssigen Zustand zu bringen. Wenn dies Gesetz wirklich zuverlässig wäre, dann müßten wir annehmen, daß alle Stoffe bis zum innersten Centrum der Sonne in gasförmigem Zustand existiren, indeß immerhin so stark comprimirt, daß ihre Dichte im Centrum selbst derjenigen einiger Metalle gleichkommen wird.

Um aber die oben gegen dieſe Annahme gemachte Schwierigkeit zu beſeitigen, müſſen wir dann eben annehmen, daß einige andere Geſetze, namentlich das Mariotte'ſche und das Gay-Luſſac'ſche für jene exceſſiven Druck- und Temperatur-Verhältniſſe nicht mehr gelten. Das iſt nun auch recht wohl erlaubt, und eine Andeutung dafür haben wir ſchon in den Abweichungen von dieſen Geſetzen, welche bereits unter den bei unſeren Experimenten erreichbaren Verhältniſſen wahrgenommen werden. Denn ſo iſt bekannt, daß der „Coefficient der Druckänderung", welche durch Erhöhung der Temperatur bei Gaſen eintritt, nach den Verſuchen von Regnault ganz merklich größer wird, wenn das Gas unter einem höheren Druck ſteht. Und ebenſo geht aus den Verſuchen von Natterer hervor, daß die Gaſe unter einem Druck von faſt 3000 Atmoſphären noch ein Volum einnehmen, welches 3—4 mal größer iſt, als es nach dem Mariotte'ſchen Geſetz ſein ſollte. Es wächſt alſo bei gleicher Dichte die Expanſivkraft mit ſteigender Temperatur in einem raſcheren Verhältnis als das Gay-Luſſac'ſche Geſetz verlangen würde, und bei gleicher Temperatur wächſt die Dichte mit zunehmendem Druck in einem geringeren Verhältniß, als das Mariotte'ſche Geſetz ergeben würde. Treten dieſe Abweichungen ſchon ſo deutlich hervor bei den geringen Unterſchieden von Druck und Temperatur, welche wir bei unſeren Experimenten herſtellen können, dann iſt die Annahme ganz berechtigt, daß unter ſehr exceſſiven Verhältniſſen die Abweichungen ſehr viel bedeutender ſein können, derart, daß bei einer Temperatur von 10 Millionen Graden die Expanſivkraft mehr als 10 mal ſo groß ſein könnte, als das Gay-Luſſac'ſche Geſetz verlangt und bei einem Druck von 1000 Millionen Atmoſphären die Verdichtung möglicherweiſe 100 mal geringer ſein könnte, als ſie dem Druck entſprechend nach dem Mariotte'ſchen Geſetz ſein ſollte.

Anderſeits iſt aber dieſe Annahme doch auch keineswegs eine mit Sicherheit erwieſene; und in der Sonne ſelbſt finden wir Erſcheinungen, welche mit dem Geſetz des kritiſchen Punktes nicht vereinbar ſein dürften. Ja die neueren experimentellen Unterſuchungen Jamin's über den „kritiſchen Punkt" ſcheinen auch den Grundſatz völlig umzuſtoßen, auf den ſich dieſe Annahme ſtützt. Jamin wurde nämlich durch verſchiedene Verſuche zu der Anſicht gedrängt, daß die Unmöglichkeit der Condenſation bei der kritiſchen Temperatur nur eine ſcheinbare ſei. Bei dieſer Temperatur und dem entſprechenden Druck ſoll nämlich die Dichte der Dämpfe ebenſo groß ſein wie die der Flüſſig-

keit, ſo daß beide ſich vollſtändig miteinander miſchen und durchdringen können, und ſelbſt wenn ſie ſich nicht miſchen würden, doch eine etwaige Trennungsfläche zwiſchen beiden gar nicht wahrgenommen werden könnte. Es würde danach nicht die Condenſation ausbleiben, ſondern es würde das Merkmal fehlen, an welchem wir den flüſſigen Zuſtand wahrnehmen könnten.

Wenn dieſe Anſicht ſich beſtätigt, dann müſſen wir es offenbar für weit wahrſcheinlicher halten, daß gegen das Centrum der Sonne hin die Maſſen in dem flüſſigen Aggregationszuſtand exiſtiren. Die Schwierigkeit aber, welche oben gegen dieſe Annahme gemacht wurde, könnte leicht beſeitigt werden. Es iſt nämlich bekannt, daß die Flüſſigkeiten bei ſehr hohen Temperaturen einen ſehr merkwürdig hohen Ausdehnungs-Coefficienten haben, derart, daß er ſogar den Ausdehnungs-Coefficienten der Gaſe übertrifft. Eben hierauf beruht ja die Möglichkeit, daß die Dämpfe ebenſo dicht werden können wie die entſprechenden Flüſſigkeiten. Durch dieſe ſo überaus ſtarke Ausdehnung könnte alſo leicht bewirkt werden, daß die mittlere Dichte der Sonne trotz des gewaltigen Druckes doch bei weitem geringer wäre, als ſie der metalliſchen Natur der Stoffe entſprechend ſonſt ſein müßte. Ja auch abgeſehen von dieſem eigenthümlichen Verhalten würde eine Temperatur von ca. 3 bis 4 Millionen Graden (welche wohl einigermaßen wahrſcheinlich als die mittlere Temperatur der Sonne angeſehen werden kann) hinreichen, um vermöge des gewöhnlichen Ausdehnungs-Coefficienten die Dichte der flüſſigen Metalle auf etwa $^1/_{30}$ von derjenigen herabzubringen, welche ſie bei mäßigen Temperaturen haben. Durch den immenſen Druck wird das Verhältniß allerdings ſehr ſtark geändert; allein die in der Schwierigkeit hervorgehobene Unmöglichkeit erſcheint damit doch beſeitigt.

Somit ſehen wir, daß doch beide Anſichten haltbar wären, und weder die gasförmige noch die flüſſige Aggregatsform der Sonnenmaſſe peremptoriſchen Schwierigkeiten unterliege. Allein welches iſt nun wohl die richtige Anſicht? Kein Sterblicher kann dieſe Frage mit Sicherheit entſcheiden, und wir ſind da trotz aller Wiſſenſchaft einigermaßen in der gleichen Lage wie jenes Bäuerlein, welches in der großen Hauptſtadt des Reiches ſich ſelbſt ſagen mußte: „I kenn mi do nimmer außi“.

Recht wahrſcheinlich aber möchte es ſein, daß eigentlich keine von dieſen beiden Anſichten richtig ſei. Denn wenn auch die Maſſen als gasförmig erklärt werden, ſo ſind doch die Phyſiker, welche dieſer

Ansicht huldigen, gezwungen, diesen Dämpfen Eigenschaften zuzuschreiben, welche sonst nur den dichteren Aggregatsformen eigen sind. Nicht nur muß die Dichte dieser Dämpfe eine weit größere sein als die unserer gewöhnlichen Flüssigkeiten, sondern auch sogar die leichte Beweglichkeit hört bei ihnen auf. Es ist nämlich faktisch durch Experimente erwiesen, daß bei sehr hohen Temperaturen die Gase eine gewisse, stetig zunehmende Zähigkeit oder Viscosität besitzen. Deshalb gilt es für ausgemacht, daß die Dämpfe im Innern der Sonne an leichter Beweglichkeit nur etwa einem sehr dicken Syrup zu vergleichen seien; manche Physiker halten sogar die Aehnlichkeit mit frischem Glaserkitt für mehr zutreffend. Das wäre nun in der That ein ganz eigenthümliches Gas! — Wenn wir aber anderseits die Massen als flüssig annehmen, so müssen wir ihnen doch auch manche Eigenschaften der Dämpfe zuschreiben, und namentlich müßte die Expansivkraft derselben eine so enorme sein, daß man eine eigentliche Tropfbarkeit sich nicht leicht vorstellen könnte.

Man hat nun wohl gewisse physikalische Merkmale, durch welche der flüssige Zustand von dem gasförmigen unterschieden wird; allein für diesen Fall reichen dieselben gleichfalls nicht aus. Das wesentliche Unterscheidungszeichen für den gasförmigen Zustand ist ja allerdings weder die geringe Dichte noch die leichte Beweglichkeit. Vielmehr ist es 1. die Ausdehnsamkeit, infolge deren der Stoff bei eintretender Vergrößerung des Volums das neue Volum vollständig und gleichmäßig ausfüllt, ohne daß eine freie Trennungsfläche entstände. Allein nach den oben erwähnten Untersuchungen Jamin's ist es ziemlich gewiß, daß oberhalb der kritischen Temperatur der Stoff auch flüssig sein könnte und daß doch eine Trennungsfläche sich nicht bilden kann oder doch nicht wahrgenommen werden könnte. — Einen zweiten wesentlichen Unterschied findet man im Verhalten bei der Erwärmung. Ein Gas nimmt nämlich bei demselben stetig sowohl an Volum oder Spannkraft als an Temperatur zu, ohne daß ein Sieden einträte; bei Flüssigkeiten aber tritt ein Siedepunkt ein, bei welchem die Temperaturzunahme sistirt ist, die Volumzunahme aber sprungweise erfolgt. Allein das Verhalten der Flüssigkeiten beruht darauf, daß zum Verdampfen freie Wärme gebunden wird; durchaus zweifelhaft ist es aber, ob das unter allen Umständen stattfindet. Im Gegentheil hat man ja sogar schon berechnet, daß Wasser bei einer Temperatur von 853° in Dampfzustand übergehen könnte und wieder zurück, ohne daß dabei Wärme gebunden oder resp. frei

würde. — Als drittes wesentliches Merkmal der Gase wird die Diffusion oder gegenseitige Durchdringung verschiedener Gase angenommen. Allein wer könnte behaupten, daß verschiedene Flüssigkeiten bei so enormen Expansivkräften nicht ebenfalls in einander diffundirten, und anderseits wird auch bei wirklichen Gasen die Diffusion durch entgegenwirkende Kräfte verhindert.

Wir sehen also, daß die „wissenschaftlichen" Unterscheidungs-Merkmale nicht einmal in sich selbst und in der Idee allgemeine Gültigkeit beanspruchen können. Allein wenn das auch wäre, so würde doch von einer praktischen Anwendung auf unsern Fall kaum die Rede sein können. —

Wenn wir nun schon in dieser einfachen Frage mit der Theorie nicht zur Klarheit und Sicherheit durchdringen können, selbst wenn die Spekulation durch alle bekannten physikalischen Gesetze unterstützt wird, so läßt uns dieselbe noch weit mehr in Stich in Betreff der wichtigeren Fragen, welche sich auf das eigentliche Wesen der physikalischen Vorgänge beziehen, die auf der Sonne sich abspielen. Wir müssen also vorerst die Beobachtungen reden lassen, um für theoretische Betrachtungen eine sichere Grundlage zu gewinnen. Der höhere Weg der Spekulation ist hier nicht gangbar für unsre menschliche Erkenntnißweise; suchen wir also auf dem mehr ebenen unteren Weg etwas weiter voranzukommen. Die Theorie wird uns helfen, die Ergebnisse der Beobachtung richtiger aufzufassen und zu verstehen, aber sie selbst wird eben dadurch in der rechten Weise vervollständigt werden. Eine solche Methode der Untersuchung ist nun umsomehr geboten, als durch unzählbare fleißige Beobachter eine überraschend große Menge von Entdeckungen zusammengebracht worden ist.

Das älteste Ergebniß astrophysikalischer Sonnenbeobachtungen ist die Entdeckung der Sonnenflecken und Fackeln. Dieselben wurden gegen 1610 unabhängig und fast gleichzeitig entdeckt von Fabricius, P. Scheiner S. J., und Galilei. Ueber die physikalische Beschaffenheit und Structur der Flecken hatte man anfangs gar keine plausible Vorstellung. Indeß erkannte man doch in denselben alsbald ein geeignetes Merkmal, aus welchem man die Rotation der Sonne beweisen und auch die Rotationsdauer genau bestimmen könnte. Allein schon bei diesem Unternehmen stieß man bald auf eine unerwartete Schwierigkeit, welche eine für die physische Beschaffenheit der Sonne sehr interessante Frage in sich enthält. Die Werthe der Rotationsdauer, welche man aus den Flecken ableitete, stimmten nicht mit ein-

ander, sondern schwankten innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Allmählich erkannte man, daß diese Verschiedenheiten im Zusammenhang stehen mit der verschiedenen heliographischen Breite der Flecken, indem dieselben eine um so größere Rotations-Geschwindigkeit besitzen, je näher sie dem Aequator der Sonne stehen. In neuerer Zeit hat man diese Abhängigkeit auch durch mathematische Formeln zum Ausdruck gebracht. Carrington leitete aus seinen Beobachtungen (1853—1861) ab $\varrho = 865' - 165'.\sin^2\beta$, wo ϱ den Rotationswinkel für einen Tag und β die heliographische Breite bedeutet. Faye gibt an $\varrho = 862' - 186'.\sin^2\beta$. Ich selbst fand aus vierjährigen Beobachtungen in Kalocsa $\varrho = 865{\cdot}3' - 209{\cdot}8'.\sin^2\beta$ [1]).

Eine unmittelbare Folgerung aus diesen Thatsachen wurde alsbald gezogen, nämlich daß die Sonne nicht ein fester Körper sein könne wie unsere Erde. Aber ein tieferes Verständniß der Erscheinung bot größere Schwierigkeiten.

Seit etwa einem halben Jahrhundert weiß man, daß die Flecken an eine Periode gebunden sind. Innerhalb eines Zeitraumes von $11^1/_9$ Jahren (im Durchschnitt) wächst die Fleckenhäufigkeit ziemlich rasch von einem Zustand des Minimums zu einem Maximum an, und dann nimmt sie wieder allmählich ab, bis wieder ein Minimum der Häufigkeit erreicht ist. Und gleichzeitig mit dieser Aenderung rückt auch die mittlere Zone der stärksten Flecken-Entwickelung von beiden Seiten gegen den Aequator vor, etwa aus der heliographischen Breite von 24° bis zu derjenigen von 10°.

Noch merkwürdiger wurde diese Entdeckung dadurch, daß die Periode der Fleckenhäufigkeit vollkommen übereinstimmt und gleichen Schritt hält mit den fast um dieselbe Zeit entdeckten Perioden der Häufigkeit und Helligkeit der Nordlichter und derjenigen der täglichen Schwankungen, welche in den Elementen des Erd-Magnetismus beobachtet werden.

Noch weit reicher wurde die Ausbeute an Beobachtungen, als zu den rein teleskopischen Beobachtungs-Methoden vor etwa $^1/_4$ Jahrhundert auch die *spektroskopischen* hinzukamen. Ganz neue große Felder der Untersuchung gingen uns dadurch auf; man konnte Erscheinungen und Vorgänge auf der Sonne mit Sicherheit nachweisen, von denen wir sonst kaum je eine Ahnung gehabt haben würden.

Zunächst konnte erwiesen werden, daß die *äußeren Schichten* der Sonne der Hauptsache nach sich in *gasförmigem* Zustand be-

[1]) Vgl. „Berichte von dem erzbischöfl. Haynald'schen Observatorium", Münster, Aschendorff 1886, pag. 82.

finden. Auch ſogar die chemiſche Natur dieſer Dämpfe konnte mit vollkommener Sicherheit feſtgeſtellt werden. Es ergab ſich, daß im allgemeinen in der Sonne ganz die gleichen chemiſchen Elemente exiſtiren wie auf der Erde. Nur zwei ganz leichte Gaſe hat man als dort vorhanden nachgewieſen, welche auf der Erde nicht vorkommen; und anderſeits fehlen von einigen unſerer chemiſchen Elemente die entſprechenden Spektrallinien im Sonnenſpektrum, und zwar hauptſächlich von den Stoffen, welche am ſchwerſten zu verflüchtigen ſind wie Kohlenſtoff, Bor und Kieſel.

Indem man aber die ſpektroſkopiſchen Unterſuchungen auf die einzelnen Theile der Sonne anwandte (ſog. „Differential-ſpektroſkopiſche" Methode), konnte man vieles über die Structur und gleichſam den „architectoniſchen Aufbau" der Sonne entdecken. So fand man, daß das Licht, welches von der eigentlichen Photoſphäre ausgeht, ein continuirliches Spektrum gibt, und folglich nicht von einem gasartigen Stoff, ſondern von hellglühenden flüſſigen oder feſten Partikelchen ausgeſendet wird.

Ueber der Photoſphäre aber lagert zunächſt eine ungefähr 200 geogr. Meilen, hohe Schicht dichter Metall-Dämpfe. Dies iſt die ſogenannte „Umkehrende Schicht", weil ſie die Lichtſchwingungen abſorbirt, welche den Schwingungen der Atome innerhalb ihrer Moleeüle entſprechen, und eben dadurch die betreffenden Stellen des Spektrums aus hellen Streifen in dunkle verwandelt. Eben hierdurch entſtehen die zahlloſen dunklen Spektrallinien im Spektrum der Sonne.

Oberhalb dieſer ſchweren Atmoſphäre von Dämpfen breitet ſich die 800 bis 1200 Meilen hohe rothe Chromoſphäre aus, welche faſt nur aus hellglühendem Waſſerſtoff, dem leichteſten der uns bekannten Elemente, beſteht. Dieſe Schicht erſcheint gegen Außen nicht regelmäßig begrenzt, ſondern gleicht vielmehr einem großen Feuermeer, aus welchem unzählbare Mengen ſpitzer Flammen emporſchlagen. Aus dieſem Grund wurde ſie auch von einigen der erſten Beobachter nicht Chromoſphäre, ſondern „Sierra" (d. h. Säge) genannt.

In noch größerer Höhe endlich breitet ſich die „Corona" aus, in welcher ein noch dünnerer aber uns unbekannter Stoff gefunden wird, von dem die Spektrallinie „1474 nach Kirchhoff" herrührt. Der untere Theil der Corona iſt bis zu einer Höhe von etwa 16000 Meilen im allgemeinen regelmäßig rund wie die Sonne ſelbſt. Und in dieſem Theil iſt auch noch reichlich Waſſerſtoff vorhanden, wie Young nachgewieſen hat, aber nicht mehr im glühenden Zuſtand, ſo daß man ſagen könnte, die Chromoſphäre ſei nur der untere glü-

hende Theil der ganzen Wasserstoff-Atmosphäre. Im äußeren Theil jedoch, wo der Stoff äußerst dünn sein muß und bei weitem weniger Licht aussendet, nehmen wir unregelmäßige Ausbuchtungen wahr, ähnlich geraden (oder bisweilen auch krummen) Strahlen, welche oft bis zu sehr großen Abständen (drei bis fünf Sonnendurchmesser) von der Sonne sich erstrecken.

Außer diesen Schichten, welche Theile einer bleibenden Structur der Sonne ausmachen, hat uns das Spektroskop noch andere Erscheinungen enthüllt, welche vorübergehende Vorgänge und Ereignisse darstellen. Dahin gehören vor allem die merkwürdigen Gebilde der Protuberanzen. Diese sind entweder metallische Eruptionen, welche mit enormen Geschwindigkeiten aus der Oberfläche der Sonne hellleuchtend emporschießen und nach Beschreibung eines großen parabolischen Bogens mit vermindertem Glanz wieder langsam zurückfallen; oder Wasserstoff-Protuberanzen, welche gewöhnlich ebenfalls mit außerordentlicher Geschwindigkeit säulenförmig emporschießen, dann aber meistens in Wolkenform sich ausbreiten und schweben bleiben, bisweilen auch ohne allen sichtbaren Zusammenhang mit der Sonne als freischwebende Wolken auftreten. In der Nähe der eruptiven Protuberanzen zeigt die Chromosphäre gewöhnlich eine äußerst heftige Bewegung in horizontaler Richtung, welche sich durch die Verschiebung der Spektrallinien zu erkennen gibt und auf eine große drehsturm-artige Bewegung schließen läßt.

Zu den teleskopischen und spektroskopischen Beobachtungsmethoden hat sich in neuester Zeit noch die Photographie gesellt. Diese herrliche Kunst hat wunderbare Fortschritte gemacht, und ihre Anwendungen in der Wissenschaft scheinen nachgerade alles übertreffen zu sollen, was man in dieser Hinsicht je mit der kühnsten Phantasie sich vorstellen konnte. Das Spektrum der Sonne ist mehrfach photographisch dargestellt worden: neuestens hat es aber Prof. Rowland in Baltimore hierin zu einer wunderbaren Vollkommenheit gebracht. Die großen Beugungsgitter von unerreichter Genauigkeit, welche zu diesen Versuchen dienten, hat sich Rowland selbst hergestellt; das photographische Spektrum, welches er erzielte, läßt an Genauigkeit und an Zahl der Spektrallinien alle mit dem Auge angestellten Beobachtungen weit hinter sich zurück.

Der französische Astronom Janssen wendete die photographische Methode auch auf rein teleskopische Beobachtungen mit unerwartetem Erfolg an. Diese Photographien stellen in einem Bild von 55 cm

Durchmeſſer die ganze Sonnenſcheibe dar mit einer Genauigkeit, welche die feinſten Details faſt ebenſo genau zu unterſcheiden geſtattet, wie die directe Beobachtung durch die beſten Fernrohre. Sie gewähren aber vor den directen Beobachtungen den großen Vortheil, daß ſie die ganze Sonnenfläche darſtellen, deren einzelne Partien dann nach Belieben unterſucht werden können, und ferner, daß ſolche bleibende Darſtellungen in beliebigen Zwiſchenpauſen von 10, 20, 30, 50 ... Minuten wiederholt werden können. Dadurch iſt es nämlich möglich, die Vorgänge und Aenderungen, welche an allen einzelnen Stellen der Sonnenſcheibe vorgehen, nach ihrem zeitlichen Verlauf genau zu verfolgen. So konnte conſtatirt werden, daß das ſogen. „photoſphäriſche Netz", welches die „Granulation" der Sonne bildet, keinen Augenblick in Ruhe iſt, vielmehr ein beſtändiges Aufbrodeln der Maſſen dort ſtattfindet wie in einem Keſſel voll einer heftig kochenden Flüſſigkeit. In den Photographien erſcheinen freilich dieſe Bewegungen nicht ſehr raſch zu verlaufen; allein da ein Millimeter in der Figur einer wirklichen Ausdehnung von 400 geograph. Meilen entſpricht, müſſen jene Vorgänge auf der Sonne mit einer außerordentlichen Heftigkeit ſich abſpielen.

Wir ſehen alſo, daß die zahlloſen, mit größtem Fleiß und Scharfſinn angeſtellten Beobachtungen in der That uns viele neue, zum Theil gänzlich unerwartete Aufklärungen verſchaffen. Manche Fragen finden darin ihre Erledigung, andere ſind ihrer Löſung bedeutend näher gerückt. Aber gleichzeitig wird uns auch eine Menge unerwarteter Erſcheinungen geboten, welche neue noch ſchwierigere Fragen enthalten. Es geht einmal nicht anders bei aller menſchlichen Erkenntniß. Jede wahre Forſchung geht nur ſchrittweiſe voran; und jeder Schritt den wir vorwärts thun, bringt uns wohl eine beſſere Einſicht über manches, was unklar war, aber er bietet dem Blick auch neue Regionen dar, in welchen wir neue und gewöhnlich noch ſchwierigere Fragen auftauchen ſehen.

Indeß ſind wir doch bereits ſoweit voran, daß wir nicht mehr in einzelnen Detail-Fragen hangen bleiben müſſen; vielmehr können wir mit einiger Ausſicht auf Erfolg auch die große Hauptfrage ſtellen, welches nämlich die Natur des Geſammtprozeſſes der ſolaren Thätigkeit ſei, welchen treibenden Urſachen er entſpringe und nach welchen Geſetzen er verlaufe. Eine vollſtändige und klare Antwort auf dieſe Frage wird vielleicht erſt denjenigen Gelehrten vorbehalten ſein, welche um das Jahr 2000 leben werden; und dann werden vermuthlich auch

alle andern Fragen z. B. über die Periodicität der Flecken und Protuberanzen, über deren zonenweises Auftreten, über die Ursache der Eruptionen, über die Natur der Corona ꝛc. eine klare und sichere Beantwortung finden. Wir müssen einstweilen noch vielfach mit Hypotheſen uns begnügen, welche noch manche Mängel haben und große Lücken lassen. Indeß haben wir doch bereits einen Prüfstein für die Wahrheit derselben, indem eben jene zahlreichen, thatsächlich beobachteten Erscheinungen in der wahren „Theorie der Sonne" einen naturgemäßen Erklärungsgrund finden müssen. —

Gehen wir also zurück auf die früheſten Ergebnisse der Beobachtungen, so ist die erste interessante Frage, welche sich uns aufdrängt die nach der physikalischen Ursache, durch welche die Verschiedenheit der Rotationsbewegung in verschiedenen Breiten hervorgebracht wird. — Sehr auffallend ist es, daß über diese Frage noch nicht einmal eine plausible Hypotheſe aufgestellt worden ist. Manche Astrophysiker, wie namentlich Faye, haben gemeint, daß der Unterschied herrühre von der verschiedenen Tiefe, aus welcher nach ihrer Auffassung die Flecken emporgestiegen seien. Allein nicht nur ist eine solche Auffassung selbst eine unbegründete Annahme, sondern die Sache wäre damit auch gar nicht abgethan, indem sofort die neue Frage entsteht, weshalb die Flecken den verschiedenen Breiten entsprechend aus verschiedenen Tiefen emporsteigen sollten.

Aber gerade in dieser Frage bietet uns die kosmogonische Theorie einen Schlüssel für die Erklärung, der noch nicht gebührend berücksichtigt worden ist. Es wurde bereits hervorgehoben (vergleiche S. 54), wie aus dieser Theorie mit Nothwendigkeit folgt, daß diejenigen Massen unseres großen Central-Nebels, welche zuletzt mit der Sonne vereinigt wurden, mit einer weit größeren Rotationsgeschwindigkeit, als die Sonne selbst besitzt, dieselbe als hoher äquatorialer Gürtel umgeben mußten, so daß das Ganze dadurch die Gestalt eines stark abgeplatteten Sphäroïdes erhalten mußte. Nur mit sehr großer Langsamkeit konnte da eine gegenseitige Ausgleichung der verschiedenen Geschwindigkeiten erfolgen. Durch den Contact mit der weit langsamer rotirenden Sonnenmasse, verloren die äußersten Schichten der Sonnen-Atmosphäre allmählich einen Theil ihres Geschwindigkeit-Ueberschusses; ebendadurch wurde die Fliehkraft eine schwächere, das Sphäroid wurde weniger abgeplattet, die Massen konnten der Sonne näher rücken, und obschon ebendadurch ihre Rotationsgeschwindigkeit wieder eine größere wurde, so mußte doch auch

dieſer Ueberſchuß allmählich verloren werden, bis ſchließlich das Ganze eine faſt vollkommen kugelförmige Geſtalt angenommen hat.

Allein anderſeits iſt einleuchtend, daß bei dieſem Vorgang die Rotationsgeſchwindigkeit der Photoſphäre durch die ſchneller rotirende Atmoſphäre eine bedeutende Acceleration erfahren mußte. Dieſe Wirkung mußte um ſo ſtärker ſein, je größer die Maſſe der Atmoſphäre und je ſchneller deren Rotationsbewegung war. Offenbar aber war ſowohl die Tiefe der Atmoſphäre als auch die Rotationsgeſchwindigkeit am größten unter dem Aequator, und nahm von da gegen die Pole hin allmählich ab. Somit müſſen wenigſtens die oberen Schichten der Photoſphäre am Aequator ſchneller rotiren und mit zunehmender Breite allmählich langſamer. Gerade in dieſen Schichten aber bilden ſich die Flecken aus. Nichts ſcheint alſo naturgemäßer, als daß in den Flecken jene Verſchiedenheit der Rotationen ſichtbar hervortreten muß, wie wir ſie faetiſch beobachten.

Dieſe Betrachtungsweiſe des Vorganges hat ſich mir ſchon vor mehr als zwanzig Jahren aufgedrängt; und die kosmogoniſche Theorie muß a priori ganz unausweichlich zu dieſem Schluß leiten. Indeß war es doch immer nur eine Hypotheſe. Es war mir deshalb von dem höchſten Intereſſe, als ich auch eine experimentelle Beſtätigung dieſer Theorie fand, infolge deren ſie wohl allmählich einen höheren Grad von Gewißheit erlangen wird, als einer bloßen Hypotheſe eigen iſt. Dieſe Beſtätigung ſtammt von dem amerikaniſchen Aſtronomen Young, welcher gerade über die Sonne bereits ſehr gediegene Arbeiten geliefert hat.

Es iſt bekannt, daß man durch das Spektroſkop in den Stand geſetzt iſt, die Bewegung eines Himmelskörpers in der Sehlinie d. h. von uns weg oder gegen uns hin nachzuweiſen und auch quantitativ zu beſtimmen. Man hat dieſe Beobachtungs-Methode ſchon ſeit lange auf den Oſt- und Weſt-Rand der Sonne angewendet, von denen jener eine Bewegung auf uns zu, dieſer aber eine ſolche von uns weg beſitzt. Allein erſt Young verwandte hiezu ein Spektroſkop von geeigneter Einrichtung und hinreichender Diſperſion, um genauere Zahlen für dieſe Bewegung zu erzielen. Er fand nun, daß die Chromoſphäre am Aequator eine abſolute Geſchwindigkeit = 1·42 engliſchen Meilen d. h. 2280 Meter beſitzt. Wenn wir nun aber dieſe Geſchwindigkeit aus der beobachteten Rotationszeit der Flecken berechnen, ſo finden wir nur 1·25 engl. Meilen oder 2010 Meter. Es iſt ſomit thatſächlich erwieſen, daß über der eigentlichen Oberfläche der Sonne

eine gasförmige Schicht gelagert ist, welche mit einer fast um $^1/_7$ größeren Rotationsgeschwindigkeit um die Axe der Sonne läuft als diese selbst da besitzt, wo sie am schnellsten rotirt. Was ist nun naturgemäßer als anzunehmen, daß diese Schicht eben jene sei, auf deren Existenz unsere kosmogonische Theorie a priori hinweist, und daß eben diese Schicht vermöge der Bewegungs-Ausgleichung mit den darunter liegenden Schichten die Ursache sei, durch welche die Verschiedenheit der Rotationsdauer in verschiedenen heliographischen Breiten herbeigeführt wurde.

Natürlich müssen wir dann auch annehmen, daß die Rotationsdauer von 25 Tagen, welche wir am Aequator beobachten, nicht die eigentliche Rotationszeit der Sonne sei, sondern vielmehr durch den Jahr-Millionen lang anhaltenden Einfluß der Atmosphäre bereits stark alterirt worden ist. Recht wohl möglich wäre es, daß die Rotationsdauer der innersten Theile der Sonne 40 oder 50 Tage betrüge anstatt 25. Die Ausgleichung der Bewegungen wird sicher allmählich noch vollständiger werden, und infolge dessen die Rotationsdauer am Aequator von 25 Tagen vielleicht auf $24^1/_2$ Tage herabkommen. Aber wenn die Bewegungs Größe der Atmosphäre erschöpft sein wird, dann wird umgekehrt durch die Ausgleichung der Bewegung mit den tieferliegenden Schichten allmählich eine Verlangsamung der Rotation eintreten, deren End-Resultat eine gleichmäßige Rotationsdauer von vielleicht 30 oder 35 Tagen durch den ganzen Sonnen-Körper sein muß. Diese Erscheinung wird indeß nicht thatsächlich constatirt werden können; denn sie dürfte wahrscheinlich erst eintreten nach Zeiträumen, welche die Zeitdauer des ganzen Menschengeschlechtes möglicherweise einige hunderttausendmal übersteigen werden.

Anderseits müssen wir aus ganz gleichem Grund annehmen, daß die beobachtete Rotationsdauer der Chromosphäre (= 22 Tage) nicht die der ganzen Sonnen-Atmosphäre sei. Es ist vielmehr nur die Geschwindigkeit der untersten und dichtesten Theile derselben, bei welchen der Geschwindigkeits-Ueberschuß durch den Einfluß der nahen Sonnen-Oberfläche bereits stark abgenommen hat. In höheren Schichten besteht wahrscheinlich eine Rotationsdauer von 10, vielleicht von nur 5 Tagen oder noch weniger. In früheren Perioden aber war diese Geschwindigkeit gewiß noch weit größer. Denken wir uns z. B. einen Theil des Urnebels, welcher in der Gegend des Merkur mit einer dreimal kleineren Geschwindigkeit als dieser Planet um die Sonne sich bewegte, und dann durch das allgemeine Zusammensickern

des Nebels dem Mittelpunkt näher gebracht wurde, so würde derselbe infolge der sehr rasch zunehmenden Umlaufs-Geschwindigkeit und der daraus sich ergebenden Fliehkraft nur bis auf $^1/_9$ des Abstandes des Merkur von der Sonne sich dieser nähern können; und die Umlaufszeit wäre daselbst nur = 25 Stunden. Die Abplattung der Sonnen-Atmosphäre müßte also damals sehr stark und die äquatoriale Zone derselben mindestens 9 Sonnenradien hoch gewesen sein. Somit war auch die beschleunigende Wirkung dieses äquatorialen Gürtels auf die Rotation der Sonne in früheren Zeiten viel kräftiger als gegenwärtig. Aber eben dadurch erlitt auch sie ihrerseits eine Retardation, und hierdurch wurde es hinwiederum ermöglicht, daß sie sich tiefer gegen die Sonne senken konnte. Gegenwärtig dürfte der Ueberschuß der Höhe in den äquatorialen Theilen der Sonnen-Atmosphäre gegen die polaren kaum noch mehr als 100 Meilen betragen.

Die Verschiedenheit der Rotationen, welche wir an der Sonne beobachten, wurde also der Hauptsache nach bewirkt durch Ursachen, welche in früheren Perioden weit mächtiger waren als jetzt, und beruht sonach auf einem Beharrungszustand in der einmal eingeleiteten Bewegung. Die sehr geringe, noch jetzt bestehende, äquatoriale Zone der Sonnen-Atmosphäre kann nur noch eine sehr geringe Beschleunigung hinzufügen, bis sie endlich ihren noch restirenden kleinen Ueberschuß an Bewegungsgröße gänzlich wird abgegeben haben. —

Außer der Verschiedenheit in der Rotationsgeschwindigkeit bieten die Sonnenflecken noch andere merkwürdige Erscheinungen, namentlich die Periodicität und die Bewegung der mittleren Fleckenzone gegen den Aequator. Wichtig vor allem ist die Frage nach ihrer eigentlichen Natur und Entstehungsursache. Andere schwierige Fragen von großer Bedeutung wurden durch die reichen Beobachtungs-Resultate der Neuzeit eröffnet. Aber alle diese Fragen sind so innig mit einander verbunden, daß man keine derselben befriedigend lösen kann, ohne auf die anderen Rücksicht zu nehmen. Alle hier in Betracht kommenden Erscheinungen hangen zusammen, oder sind vielmehr nur einzelne Theile und Phasen des einen großen Processes, welcher auf der Sonne sich abspielt. Dieser ist nun noch keineswegs mit der wünschenswerthen Sicherheit und Klarheit in allen Einzelheiten festgestellt; doch kann er in manchen Theilen ziemlich sicher erkannt, in andern wenigstens mit plausiblen Annahmen erreicht werden.

Welches aber auch immer die eigentliche Natur der phyſikaliſchen Proceſſe ſein mag, deren Schauplatz die Sonne iſt, ſo wiſſen wir doch ſchon mit Gewißheit, welches das Ende derſelben ſein wird. Wenn die Ausſtrahlung noch viele Jahr-Millionen angedauert haben wird, dann muß die Wärme ſo weit erſchöpft ſein, daß die Stoffe, aus denen die Sonne zuſammengeſetzt iſt, nicht mehr in gas- oder dampfförmigem Zuſtand beſtehen können, ſondern eine glühflüſſige Kugel bilden müſſen. Solches trat bei der Erde ein, nachdem ſie vielleicht nur ein oder einige Jahrtauſende wie eine kleine Sonne geleuchtet hatte; es muß aber auch unausbleiblich eintreten bei der wirklichen Sonne, wenn ſie auch durch mehrere hundert Jahr-Millionen den ſtrahlenden Zuſtand des intenſivſten Leuchtens unterhalten könnte. Haben wir alſo bei unſern geogoniſchen Betrachtungen ein glühflüſſiges Sphäroid angenommen und als gegebenen Anfang vorausgeſetzt, ſo werden wir jetzt dazu geleitet, die Proceſſe noch weiter rückwärts zu verfolgen und zu unterſuchen, welche Entwicklungsphaſen jenem Stadium vorausgegangen ſein mögen. Das wäre nun offenbar an ſich eine noch viel ſchwierigere Aufgabe und ein kühneres Beginnen als der Verſuch, die erſten geogoniſchen Stadien richtig aufzufaſſen, war; allein anderſeits iſt dieſelbe doch auch wieder weſentlich erleichtert dadurch, daß dieſe Vorgänge auf der Sonne ſich noch gegenwärtig und gleichſam unter unſeren Augen abſpielen, wenn wir auch allerdings nicht gerade aus großer Nähe dieſelben beobachten können.

Wenn wir nun von dem aprioriſtiſchen Standpunkte der kosmogoniſchen Theorie aus die Entwickelung der Sonne betrachten, ſo möchten wir geneigt ſein zu glauben, daß ein ſolcher Himmelskörper, gleichwie er aus dem Urnebel heraus durch eine ſehr langſame, ruhig vor ſich gehende Verdichtung gebildet ſein wird, ebenſo auch in aller Ruhe und Majeſtät im Zuſtand der höchſten Entfaltung als Sonne ſtrahlen, und nachher ebenſo friedlich wieder den Prozeß der Erkaltung durch allmähliches Ausſtrahlen durchmachen und der ſchließlichen Erſtarrung entgegen gehen wird. Allein es ſcheint, daß in der Natur Nichts ſich ganz in Ruhe entwickeln und das Daſein durchmachen ſolle. Die Reſultate der Sonnen-Beobachtungen belehren uns ſehr entſchieden eines Andern, indem wir unzählbare Vorgänge gleichſam mit anſehen können, welche ſich mit der äußerſten Heftigkeit abſpielen. Die erſte Frage, welche ſich da aufdrängt, iſt ſomit die: Woher dieſe Abweichung von dem friedlichen Verlauf der Entwickelungen,

und worin mag die eigentliche treibende Urſache dieſer Vorgänge zu ſuchen ſein?

Bei einem Himmelskörper nun, welcher wie die Sonne ziemlich vollſtändig frei iſt von nennenswerthen Einflüſſen von außen, können die Urſachen von heftigen Bewegungen nicht ſolche ſein, welche direct eine Bewegung im horizontalen Sinne hervorzubringen ſtreben. Dies iſt a priori klar, da die Sonne als Kugel im horizontalen Sinne nach allen Richtungen ſymmetriſch iſt, und folglich keine directen Urſachen für heftige horizontale Bewegungen beſtehen können, eben weil kein Grund denkbar iſt, weshalb dieſelben nach einer beſtimmten Richtung eher als nach einer andern treiben ſollten. Die einzige horizontal wirkende Kraft kann in der Rotation ihre Urſache haben; und deren Wirkung dürfte in den bereits beſprochenen Erſcheinungen der Rotationsgeſchwindigkeit ſich erſchöpfen.

Die Haupturſachen, welche die Ruhe auf der Sonne ſtören, können ſonach nur ſolche ſein, welche verticale Bewegungen direct hervorbringen. So haben wir ja auch bei Betrachtung der Entwickelung unſerer Erde geſehen, daß die ſehr heftigen Bewegungen in der Ur-Atmoſphäre auf ſolchen Urſachen beruhten. Da auf der Sonne alle Verhältniſſe weit intenſiver und großartiger ausgebildet ſind als auf der Erde, ſo iſt es ſchon a priori ſehr wahrſcheinlich, daß dort ähnliche Stürme aber von weit größerer Heftigkeit ſich entwickeln müſſen.

Indeſſen iſt die Sache doch nicht ſo einfach. Bereits oben wurde ein Princip erwähnt (S. 81 fin.), nach welchem eine Gas- oder Dampfmaſſe im ſtabilen Gleichgewicht ſich befindet, wenn die in gleichen Maſſen enthaltene Wärmemenge von unten gegen oben überall zunimmt. Nun iſt aber klar, daß der Druck, unter deſſen Einfluß die in einem kosmiſchen Gasball latente Wärme frei und gleichſam ausgepreßt wird, von der Oberfläche an bis zum Centrum in ſehr ſtarkem Verhältniß und ſtetig zunimmt. Es kann alſo kein Zweifel beſtehen, daß vom erſten Urſprung der anfangenden Verdichtung an bis zu den gegenwärtigen Zeiten die den mehr centralen Theilen eigene Wärme energiſcher ausgetrieben wurde, als die den höheren Schichten angehörige. Conſequent muß alſo auch im allgemeinen die in gleichen Maſſen enthaltene Wärme (man könnte ſagen: die „ſpecifiſche Wärmemenge“) von der Oberfläche bis zum Centrum ſtetig abnehmen. Sonach müßten wir alſo auch nach phyſikaliſchen Principien ſchließen, daß auf der Sonne ſtabiles Gleichgewicht und

ſomit ewige Ruhe herrſchen müſſe. Wie weit hätten wir aber mit einer ſolchen Anſicht neben das Ziel getroffen!

Doch es iſt leicht einzuſehen, daß hierbei wenigſtens ein weſentlicher Umſtand nicht mitberückſichtigt wurde, nämlich der verſchiedene Grad der Leichtigkeit der Ausſtrahlung. Offenbar können die höchſten Schichten weit leichter durch Ausſtrahlung ihre Wärme abgeben, als die in der Tiefe liegenden. An der äußerſten Grenze der Sonnenmaſſe beſteht wegen der Strahlung gegen den Weltraum eine Art Discontinuität der Temperatur, und deshalb muß daſelbſt eine energiſchere Abkühlung der Schichten ſtattfinden. Die ſpecifiſche Wärmemenge wird alſo daſelbſt vermindert, und wird auch geringer werden als die der tiefer liegenden Schichten. Damit iſt aber offenbar die Bedingung für ein labiles Gleichgewicht im verticalen Sinne gegeben. Die oberſten erkalteten Schichten ſenken ſich abwärts. Da ſie hierbei einem zunehmenden Druck unterliegen und ihr Wärmeinhalt geringer iſt, als jener der umliegenden Maſſen, ſo werden ſie dichter ſein als dieſe, und die abwärts gerichtete Bewegung wird eine beſchleunigte und dem entſprechend eine heftige ſein; und ſie müſſen ſinken, bis ſie Schichten von größerer Dichte treffen. An ihrer Stelle aber werden andere Maſſen an die Oberfläche emporgehoben.

Solche Vorgänge werden ſtattfinden überall wo eine obere Grenze einer horizontalen Schichte beſteht. Zunächſt alſo in der Chromoſphäre. Wohl noch ſtärker werden ſie beſtehen in der darunter liegenden ſchwereren Schichte von Metalldämpfen. Am intenſivſten aber ſind ſie in der unter dieſer liegenden Photoſphäre, weil nämlich an deren Oberfläche die Strahlung (wegen des weit ſtärkeren Strahlungsvermögens der dortigen Maſſen) ohne Vergleich kräftiger iſt als an den äußeren Flächen der anderen Schichten. Und hier ſind ſie mit einer Erſcheinung verbunden, welche für die teleologiſche Wirkſamkeit der Sonne von der höchſten Wichtigkeit iſt.

Die abgekühlten Maſſen ſenken ſich nämlich an der Grenze der Photoſphäre nicht in durchaus gasförmigem Zuſtand, ſondern ein großer Theil der Dämpfe wird eben durch die Abkühlung condenſirt und bildet Tropfen. Es muß alſo aus den höchſten Schichten gegen unten „regnen“ oder wenigſtens „nebelreißen“, ganz ähnlich, wie wir das früher bei Betrachtung der Erde geſehen haben (vgl. S. 82). Allein auf der Sonne reguet es nicht Waſſer, ſondern geſchmolzenen Kohlenſtoff, Bor und Silicium. Dieſe Stoffe können wir bekanntlich mit unſeren Heizmitteln gar nicht zum Verdampfen bringen, die bei-

den erſten auch nicht zum Schmelzen, während Silicium nur ſehr ſchwer ſchmelzbar iſt. Auf der Sonne aber werden unter einer Temperatur von vielleicht 80000° dieſe Stoffe in Dampfform gegen die Oberfläche ſteigen; und indem ſie durch die dabei eintretende Ausdehnung und durch Ausſtrahlung auf etwa 60000° herabkommen, werden ſie trotz dieſes Hitzgrades infolge des enormen Druckes, welcher dort mehrere hundert tauſend und vielleicht über eine Million Atmoſphären betragen muß, wenigſtens theilweiſe condenſirt. Es iſt nun aber bekannt, daß feſte oder flüſſige Subſtanzen bei hohen Temperaturen ein unvergleichlich ſtärkeres Strahlungsvermögen beſitzen als gasförmige Stoffe. Alle unſere künſtlichen Beleuchtungsmittel beruhen ja eben auf der Lichtausſtrahlung glühender feſter Stoffe; und auch die leuchtenden Flammen leuchten eigentlich nur inſofern, als Molekeln von Kohlenſtoff in der Hitze der Flamme zum Glühen gebracht werden.

Man weiß nun, daß die Intenſität dieſer Strahlung mit der Temperatur in einem bedeutend raſcheren Verhältniß zunimmt. Die Petroleumflamme hat vielleicht eine 6mal größere Leuchtkraft als eine Kerzenflamme, weil ihre Temperatur um einige hundert Grad höher iſt. Geſchmolzenes Platin ſtrahlt im Vergleich mit geſchmolzenem Silber oder Kupfer mit einem faſt unerträglichen Glanz, weil die Temperatur um etwa 800° höher iſt. Welchen Glanz wird dann alſo eine Flamme haben, in welcher die glühenden lichtausſtrahlenden Theilchen auf einer Temperatur von ca. 60000° erhalten werden?! Die enorm intenſive Strahlung der Sonne findet ſo eine ganz naturgemäße Erklärung [1]). Aber ſie iſt auch nur möglich unter ſolchen phyſikaliſchen Verhältniſſen, wie ſie auf der Sonne herrſchen, wo ein Druck von vielleicht 1 Million Atmoſphären die Dämpfe bei einer ſo hohen Temperatur zwingt, ſich zu Tröpfchen zu condenſiren. Wie man ſieht, erreicht auch hier — wie immer — die Natur, oder vielmehr der Schöpfer der Natur, mit den einfachſten Mitteln wunderbare Wirkungen, welche in keiner andern Weiſe erzielt werden könnten.

---

[1]) Nach Langley iſt die ſpecifiſche Strahlung der Sonne trotz der Abſorption in der Sonnen-Atmoſphäre und in der unſrigen in Hinſicht auf optiſche Wirkung 5300 mal intenſiver als die des hellen Beſſemer-Metalles (ohne dieſe Abſorptionen wäre ſie alſo faſt 100000 mal ſtärker). Die thermiſche Kraft der Strahlen (ſofern ſie nämlich auf die Thermoſäule einwirken,) iſt dagegen nur einige hundertmal kräftiger.

Daß die in der Photosphäre leuchtenden Stoffe gerade Kohlenstoff, Bor und Silicium seien, schließen wir daraus, daß im Sonnen-Spectrum die Linien dieser Stoffe fehlen. Würden diese Stoffe nicht condensirt, und ihre Dämpfe wären mit den andern Metall-Dämpfen der umkehrenden Schicht vermischt, dann müßten nothwendig auch die ihnen entsprechenden Spectrallinien auftreten. Es liegt übrigens auch ganz in der Natur der Sache, daß die am allerschwersten verflüchtigbaren Stoffe vor allen andern condensirt werden.

Nachdem nun die Licht und Hitze sprühenden Wolkenmassen ihre so segensreiche Energie in den Weltraum ausgestrahlt und sich verhältnißmäßig stark abgekühlt haben, werden sie dunkler und schwerer. Deshalb sinken sie abwärts, und andere Dampfmassen steigen aus den Tiefen empor, um den Glanz der Sonne zu unterhalten. In der Tiefe von einigen tausend Meilen erlangen auch die gesunkenen Massen wieder eine so intensive Heizung, daß sie aufs neue den Kreislauf durchmachen können.

Die aus der Tiefe aufsteigenden Dampfmassen nun bilden das, was wir als die hellen Körner der Sonnen-Oberfläche wahrnehmen, welche von einigen Beobachtern mit Reiskörnern, von andern mit Weidenblättern verglichen werden. Die abgekühlten Massen aber sinken zwischen diesen hinab und bilden so das etwas dunklere „Netzwerk der Photosphäre". Beides zusammen bildet das, was wir als „Granulation" bezeichnen. Natürlich sind aber jene hellen Körner nicht runde oder platte Wolkenmassen; sondern es sind vielmehr nur die obersten Kuppen von verticalstehenden langen Säulen aufsteigender Dampfmassen. Der ganze Proceß dieses Kreislaufes ist aber keineswegs so ruhig und friedlich, wie eine oberflächliche Beobachtung der Sonne glauben lassen könnte, sondern im allgemeinen sehr heftig. Und das ist sehr leicht erklärlich daraus, daß dort nicht nur gewaltige Kräfte im Spiel sind, sondern daß dieselben auch sehr große Weglängen von über 1000 Meilen hindurch ungestört und stetig einwirken können.

In der Circulation der photosphärischen Massen, welche von der Oberfläche her eingeleitet wird, haben wir eine starke Analogie gefunden mit den Bewegungen, welche in der Urzeit auf unserer Erde in den höchsten Schichten der damaligen Dampf-Atmosphäre sich vollzogen. Wir sahen nun aber, daß auf der Erde neben jenen Gleichgewichtsstörungen von oben noch weit heftigere von unten statt fanden infolge der intensiven Heizung von unten durch den glüh-

flüſſigen Kern (cf. S. 81 u. 89). Die Frage liegt deshalb ſehr nahe, ob nicht auch auf der Sonne etwas Aehnliches ſtattfinde. Dies könnte ausgeſchloſſen ſcheinen, da die Sonne, wie man gewöhnlich annimmt, im Inneren durchaus in gasförmigem Zuſtand ſich befindet, oder doch die Exiſtenz eines glühflüſſigen Sonnenkernes ganz ungewiß iſt. Dennoch iſt es ziemlich ſicher, daß auf der Sonne ſolche Vorgänge ſich abſpielen.

Zunächſt finden wir doch durch Beobachtungen an der Sonne gewiſſe Schichtungsverhältniſſe, welche eine Heizung von unten mit ſich bringen müſſen, ganz ähnlich, wie es auf der Erde ſtattfand. Der Waſſerſtoff der Chromoſphäre lagert nämlich trotz des gasförmigen Zuſtandes im allgemeinen ziemlich unvermiſcht über der darunter befindlichen, wohl 40- bis 100mal dichteren Schichte von Metalldämpfen, indem eben die große Verſchiedenheit der ſpecifiſchen Schwere der Diffuſion entgegenwirkt. Die weit ſtärkere Verdichtung der unteren Dampfſchichten bringt es auch mit ſich, daß die Temperatur ſchon aus dieſem Grund eine weit höhere ſein wird. Sonach iſt die Waſſerſtoff-Atmoſphäre beſtändig von oben einer Abkühlung durch Ausſtrahlung und von unten einer intenſiven Heizung durch die um wohl 10—20000° heißeren Metalldämpfe ausgeſetzt. Deshalb muß in derſelben das Gleichgewicht permanent labil ſein; oder vielmehr der Waſſerſtoff iſt unaufhörlich in der heftigſten Bewegung auf- und abwärts. Die unten erhitzten Maſſen ſchnellen in die Höhe und werden dabei über die Grenze des permanent glühenden Waſſerſtoffs emporgeſchleudert; und nach der Abkühlung eilen ſie wieder mit zunehmender Beſchleunigung abwärts. Der leichte Waſſerſtoff muß alſo beſtändig gleichſam den Spielball abgeben, welcher durch die Hitze von unten und durch die Abkühlung von oben in ſteter Bewegung erhalten wird und eben dadurch die Abführung der Wärme von innen gegen außen zum großen Theil vermittelt. Das Ausſehen der Chromoſphäre, wonach ſie gegen oben aus zahlloſen ſpitzen Feuer-Zungen zu beſtehen ſcheint, iſt hiernach leicht zu erklären.

Ganz ähnliche Vorgänge werden ſich an der unteren Grenze der ſchweren Schicht von Metalldämpfen abſpielen, da wo ſie auf der Photoſphäre aufliegt. Das Spiel wird aber vielleicht weniger energiſch ſein, weil der Unterſchied der Dichten gegen die Photoſphäre ein geringerer iſt, und auch weil die Abkühlung in der Höhe nur mittelſt Ausſtrahlung durch die Chromoſphäre oder mittelſt Abführung durch die Bewegung derſelben ſtattfinden kann. Doch wird es auch

da heftige Eruptionen geben, durch welche die glühenden Metalldämpfe hoch in die Chromosphäre hinein geschleudert werden. Das entspricht nun auch vollkommen den Beobachtungen, da man sehr oft wahrnimmt, daß die hellen Spectrallinien der Metalldämpfe bis hoch in die Chromosphäre hinein sichtbar sind.

Die heftigste Wirkung wird auftreten, wenn diese beiden Bewegungen sich verbinden. Wenn nämlich in der zuletzt angegebenen Weise große Massen glühender Metalldämpfe mehrere hundert Meilen hoch in die Chromosphäre hinein geschleudert werden, dann wird eben dadurch an dieser Stelle der Wasserstoff in weit heftigerer Weise erhitzt, als es durch das bloße Auflagern auf den Metalldämpfen geschehen könnte. Es wird kaum zu hoch gegriffen sein, wenn wir annehmen, daß diese Wasserstoffmassen ziemlich plötzlich auf eine fast doppelt so hohe Temperatur gebracht werden können, als sie vorher besaßen. Die Wirkung einer solchen Heizung geht dann weit über das gewöhnliche Maaß der Flammenspitzen hinaus. Der Wasserstoff wird dann bis zu enormen Höhen emporgetrieben und bildet eben dadurch die „Wasserstoff-Protuberanzen".

Diese so merkwürdigen Erscheinungen sind allerdings noch weit davon entfernt, eine so vollständige Erklärung gefunden zu haben, wie so viele andere physikalische Phänomene; im Gegentheil es fehlt noch fast gänzlich an einer eigentlichen Erklärung. Jedenfalls ist indeß eine gewisse Vorstellung, welche hierüber ziemlich allgemein Eingang gefunden hat, vollständig verfehlt, nämlich die Vorstellung von einer wirklichen Explosion. Es scheint, daß man sich zu sehr von einer Art fixer Idee beherrschen ließ, daß so enorme Geschwindigkeiten in keiner andern Weise entstehen könnten als durch das Mittel, mit welchem wir die größten Geschwindigkeiten hervorbringen, nämlich durch eine Explosion ähnlich der einer Kanone. Man hat indeß bis jetzt vergeblich auf der Sonne nach Umständen gesucht, welche eine eigentliche Explosion auch nur als möglich erscheinen lassen könnten.

Die wirkliche Erklärung ist jedenfalls in einer ganz anderen Richtung zu suchen; und sehr wahrscheinlich ist die treibende Kraft bei dieser Erscheinung keine andere, als eben jener verticale Auftrieb von Gasmassen, welche stark über die umgebenden Massen erhitzt sind [1]). Nehmen wir Rücksicht darauf, daß infolge der 28mal

[1]) Diese Ansicht habe ich bereits vor 13—14 Jahren in einem Brief an Prof. Fr. Zöllner ausgesprochen; angedeutet wurde sie auch in Nat. u. Offenb., J. 1884, S. 359.

ſtärkeren Schwerkraft auf der Sonne auch jener Auftrieb 28mal ſtärker ſein muß als unter ſonſt gleichen Umſtänden auf der Erde, und daß dieſe Kraft auf der Sonne ſtetig wirkt durch enorm große Weglängen, dann werden wir finden, daß auch ſo fabelhafte Geſchwindigkeiten von 10 bis 20 und mehr (geogr.) Meilen recht gut hervorgebracht werden könnten auch ohne eine Urſache, welche als eigentliche Exploſion bezeichnet werden könnte.

Wollten wir, um uns hierüber Gewißheit zu verſchaffen, eine genaue Rechnung durchführen, ſo würde das auf unüberſteigliche Hinderniſſe ſtoßen, theils weil die phyſikaliſchen Verhältniſſe auf der Sonne und auch die für ſolche geltenden Geſetze nicht hinreichend bekannt ſind, theils weil die Theorie der Rechnung ſelbſt ſehr ſchwierig ſein würde, ſelbſt wenn jene bekannt wären. Wir können aber die gegebenen Verhältniſſe etwas vereinfacht darſtellen und dann leicht mit einer elementaren Rechnung zum Ziel kommen. Bleiben wir bei der oben als möglich hingeſtellten Annahme, daß eine große Maſſe Waſſerſtoff durch die Vermiſchung mit den eindringenden Metalldämpfen etwa auf das Doppelte von ſeiner vorher beſeſſenen (abſoluten) Temperatur gebracht werden könne, dann würde nach dem Gay-Luſſac'ſchen Geſetz das Volumen verdoppelt werden. Indeß wollen wir eine geringere Erhitzung im Verhältniß 12 : 10, ſomit um etwa 4- bis 8000° vorausſetzen. Das Volumen würde dann gleichfalls im Verhältnis 12 : 10 größer werden. Wir ſahen, nun ſchon, daß das Gay-Luſſac'ſche Geſetz nicht genau ſein kann, und für hohe Temperaturen ein zu kleines Volumen ergibt. Somit wird auch die Ausdehnung in einem ſtärkeren Verhältniß erfolgen. Allein indem die Maſſe emporſteigt, erkaltet ſie (trotz der Condenſation der darin enthaltenen Metalldämpfe) etwas raſcher als die umgebenden Maſſen, und folglich wird das Verhältniß der Volume allmählich etwas kleiner. Wir können alſo der Vereinfachung halber doch annehmen, daß das Volum-Verhältniß 12 : 10 zu einer gleichen Maſſe der Umgebung durch eine anſehnliche Weglänge im Mittel conſtant beibehalten werde — etwa durch 3000 geogr. Meilen, da ja die heftigeren Protuberanzen noch 6mal bis 20mal höher ſteigen.

Aus dem Volum-Verhältnis 12 : 10 folgt nun, daß die Maſſe einen Auftrieb beſitze, welcher $^2/_{10}$ ihres Gewichtes beträgt. Wird aber eine Maſſe durch einen Weg von 3000 Meilen von einer Kraft getrieben, welche $^2/_{10}$ ihrer Schwere auf der Sonne gleich iſt, dann kann die reſultirende Geſchwindigkeit leicht berechnet werden nach der Formel

$v^2 = 2.\gamma.S$, in unſrem Fall $v^2 = 2.{}^2/_{10}.28.9\cdot 8.3000.7420$, woraus folgt $v = 49500^m = 6\cdot 65$ oder $6^2/_3$ Meilen, was ſchon eine ſehr reſpectable Geſchwindigkeit iſt.

Der Widerſtand der höheren Schichten würde dieſelbe zwar ſehr vermindern; allein in Wirklichkeit kommen noch andere Factoren hinzu, durch welche die Wirkung ſehr bedeutend erhöht wird. Denn zunächſt iſt ja mit der Höhe von 3000 Meilen die Bewegung nicht abgeſchloſſen, ſondern ſie geht bis zum 5fachen, ja in ſehr heftigen Protuberanzen bis zum 20fachen dieſer Höhe. Folglich wird ſich auch die Beſchleunigung weiter erſtrecken und die Geſchwindigkeit noch zunehmen, bis ſie endlich in den größten Höhen erſchöpft wird. Ueberdies aber — was weit wichtiger iſt — ſteigen die Maſſen nicht wie eine iſolirte Blaſe in die Höhe, ſondern wie ein langer feuriger Strom. Sie üben nämlich wegen ihrer geringeren Schwere einen ſchwächeren Druck gegen unten aus, und folglich wird der gewaltige aëroſtatiſche Druck, welcher an der Baſis der Erſcheinung herrſcht, überwiegen und neue Maſſen nachtreiben. Und dies wird ſich in ſtetig wachſender Intenſität fortſetzen, je höher die Maſſen ſteigen, bis ſchließlich die ganze lange Wegſtrecke mit dieſen leichteren glühenden Gaſen angefüllt iſt. Erſt wenn die nachrückenden Gasmaſſen nicht mehr hinreichend überhitzt ſind, wird die Bewegung allmählich erſterben. In dieſer Weiſe erklärt ſich ſehr einfach die Geſtalt von langen feurigen Strichen, in welcher die Protuberanzen gewöhnlich aufſchießen. Allein es folgt auch daraus, daß die treibende Kraft eine überaus energiſche ſein muß. Es iſt nämlich dann nicht mehr der locale aëroſtatiſche Druck, welcher den Auftrieb hervorbringt, ſondern es iſt der immenſe Druck, der in der Tiefe herrſcht, welcher vermittelſt des leichten aufſteigenden Gasſtromes in Kampf kommt mit dem Druck, welcher in den höheren Regionen herrſcht. Gemäß der bekannten rapiden Abnahme des Druckes mit der Höhe, wird dieſer obere Druck oft nur ein kleiner Bruchtheil des unteren ſein, bis $^1/_{100}$ oder noch weit weniger. Kein Wunder, daß ein ſo gewaltiger Ueberdruck alle Schichten gegen oben mit einer Leichtigkeit durchbricht, gleichſam als ob ſie nicht vorhanden wären. Nach deren Durchbrechung kann aber die theoretiſche Geſchwindigkeit faſt in ihrem vollen Werth zur Geltung kommen.

Um nun dieſe Wirkung auch einigermaßen quantitativ ſchätzen zu können, bleiben wir bei der Annahme des Druck-Verhältniſſes $= 1:100$, und (wie oben) des Ueberheizungs-Verhältniſſes $= 12:10$.

Digitized by Google

Unter ſolchen Umſtänden wird die auftreibende Kraft $100.5:6 = 83\frac{1}{3}$ mal ſtärker ſein, als der oben in Rechnung gebrachte einfache locale Auftrieb in dieſer Höhe. Allein in geringeren Höhen iſt dieſe Kraft bedeutend ſchwächer, z. B. in 1000 Meilen etwa 5mal, in 2000 Meilen Höhe gegen 23mal ſtärker als der einfache Auftrieb; und dieſe Veränderlichkeit der Kraft genau in Rechnung zu ziehen, geht auch über die Kräfte der höheren Analyſis. Eine angenäherte Rechnung ergibt aber, daß die reſultirende Geſchwindigkeit ca. 5mal größer ſein muß als der einfache Auftrieb ergab. Somit erhalten wir gegen 33 Meilen als die in der Höhe von 3000 Meilen erreichte Geſchwindigkeit. In größerer Höhe kann die Beſchleunigung noch zunehmen, ſofern der Temperatur-Ueberſchuß des aufſteigenden Stromes nicht zu gering wird; und wir ſehen ſonach, daß wir auch das Maximum der je an Protuberanzen beobachteten Geſchwindigkeiten (ca. 40 Meilen) ganz einfach nach bekannten Naturgeſetzen aus den der Sonne eigenen Verhältniſſen ableiten können, ohne abenteuerliche Vorſtellungen von Exploſionen ꝛc. zu Hilfe zu nehmen.

Wollen wir aber die Erſcheinung mit einem irdiſchen Vorgang vergleichen, ſo finden wir nur die Eruptionen des Geyſir, welche in Hinſicht auf die Theorie wirklich eine große Aehnlichkeit mit den Protuberanzen haben, wenn ſie auch in Bezug auf die Natur des Stoffes und auf die Eruptionsgeſchwindigkeit unvergleichlich weit hinter dieſen zurückbleiben. Neben dieſen ſind auch die Ausbrüche unſerer Vulkane in Hinſicht auf ihre Theorie jenen Vorgängen auf der Sonne ſehr verwandt, weit mehr als nach dem Aeußeren der Erſcheinung vermuthet werden möchte (m. vgl. über den Krakatoa-Ausbruch Nat. u. Offenb. Jahrg. 1884. S. 357—359).

Konnten wir die erwähnten Erſcheinungen auf Gleichgewichtsſtörungen von unten zurückführen, welche theils an der unteren Grenze der Chromoſphäre, theils an der Grenze zwiſchen der umkehrenden Schicht und der Photoſphäre ihren Urſprung haben, ſo bietet ſich nun ganz naturgemäß die Frage dar, ob nicht auch in noch größeren Tiefen ähnliche Vorgänge ſtattfinden. Und in der That ſprechen zahlreiche Erſcheinungen dafür, daß ſolche gewaltſame Störungen auch aus weit größeren Tiefen von innen heraus anzunehmen ſeien. Allerdings werden wir da von den directen Beobachtungen im Stich gelaſſen, da dieſe nur bis zur äußeren Oberfläche der Photoſphäre reichen und folglich eine thatſächliche Schichtenlagerung tiefer im Inneren uns nicht wahrnehmen laſſen können. Aber auch in der

Idee ſelbſt iſt es nicht leicht, ſich eine Vorſtellung zu machen von einer weiteren Schichtenlagerung in der Sonne, da die Metalldämpfe der Photoſphäre bereits die dichteſten Dampfmaſſen ſein werden, die wir dort annehmen können. Indeſſen ſehen wir doch leicht ein, daß eine weiter gehende Schichtenbildung in Kugelflächen, welche mit der Sonne concentriſch ſind, recht wohl möglich wäre. Und wenn es Erſcheinungen gäbe, welche in keiner andern Weiſe genügend erklärt werden könnten, als unter ſolcher Vorausſetzung, dann müßten wir ſchließen, daß dieſe Annahme auch der Wirklichkeit entſprechend ſei.

Allein noch mehr. Auch wenn eine ſolche weitere Schichtenbildung nicht vorhanden ſein ſollte — was wir nicht mit Gewißheit entſcheiden können —, ſo leitet eine eingehendere Erwägung der Verhältniſſe doch zu dem Schluß, daß ſolche gewaltſame Gleichgewichtsſtörungen von unten auch in größeren Tiefen eintreten können, — vielleicht auch müſſen — nicht anders, als ob eine dichtere heißere Schicht, welche tiefer liegt, die höheren Schichten von unten heizen würde.

Es iſt einmal mit dem verticalen Gleichgewicht großer Gasmaſſen eine eigenthümliche Sache, und die Aufſtellung der Bedingungen, unter welchen ein permanentes ſtabiles Gleichgewicht beſteht, iſt nicht ſo einfach wie man glauben ſollte. Nach den einfachen Geſetzen der Mechanik könnte man geneigt ſein anzunehmen, ein Gas müſſe dann im ſtabilen Gleichgewicht ſein, wenn die Dichte deſſelben gegen unten ſtetig zunimmt. Allein dieſe erſte Auffaſſungsweiſe der Verhältniſſe iſt ſicher ungenügend; und die Cyklonen, Tornados, Teifune, Sand- und Waſſerhoſen überzeugen uns energiſch von der Mangelhaftigkeit einer ſolchen Theorie.

Der Störefried hierbei iſt ein Ageus, welches in der „Mechanik" (im engeren Sinn) keinen Platz findet — ein Imponderabile —, die Wärme. Wenn nämlich die Gasmaſſen der unteren Schichten mehr Wärme auf gleiche Maſſe enthalten als die oberen, dann kann infolge des Druckes der oberen Schichten auf die unteren doch die Dichte in dieſen wohl größer ſein als in jenen. Es kann ſonach Gleichgewicht beſtehen und ſogar längere Zeit anhalten. Ja in der Natur ereignen ſich ſolche Fälle ſehr oft, z. B. bei den Luftſpiegelungen, fata morgana ꝛc. Allein das Gleichgewicht iſt dennoch blos ein vorübergehendes labiles. Denn angenommen, eine Portion des Gaſes werde etwas gehoben, ſo dehnt ſie ſich aus; und weil ſie

mehr Wärme enthält als die Schichte, in welche sie gehoben wird, so muß sie leichter werden als diese. Bei einer solchen kleinen Bewegung entwickelt sich also nicht blos keine Kraft, welche die Bewegung rückgängig machte, sondern vielmehr eine solche, welche die eingeleitete Bewegung im gleichen Sinne fortsetzt und verstärkt. Darin besteht aber gerade das wesentliche Merkmal des labilen Gleichgewichts.

Nun aber haben wir bereits gesehen, daß in einem kosmischen Gasball, wie die Sonne ist, die tieferen Schichten weniger Wärme — oder eine geringere specifische Wärmemenge — enthalten als die höheren. Die Bedingung ist also erfüllt, und es sollte stabiles Gleichgewicht sein. Und dennoch ist das Gleichgewicht nicht gesichert. Der Störefried ist aber wieder die Wärme.

Allerdings muß unter den gegebenen Bedingungen ein stabiles Gleichgewicht im mechanischen Sinne stattfinden; allein die Wärme bewirkt, daß dasselbe allmählich von selbst in ein labiles übergeht. Die Wärme strebt nämlich, ähnlich wie auch der wägbare Stoff, nach einer Gleichgewichtslage. Allein diese besteht nicht darin, daß die specifische Wärmemenge überall gleich sei, sondern darin, daß die Temperatur in allen Theilen die gleiche sei. Nun haben aber die mehr centralen Theile der Sonne trotz ihrer geringeren specifischen Wärmemenge unzweifelhaft eine fast unvergleichlich höhere Temperatur als die äußeren Schichten. Folglich muß nothwendig beständig eine große Menge Wärme aus dem Innern der Sonne gegen die Oberfläche hin aufsteigen; und somit gibt es auch im Innern der Sonne eine kräftige Heizung von unten.

Nun könnte man freilich denken, wenn in größeren Tiefen auf der Sonne eine scharf gesonderte Schichtung fehlt — wie es am Ende doch wahrscheinlich ist —, dann könnte jene Ueberführung der Wärme ganz allmählich durch langsame Leitung ruhig und friedlich vor sich gehen. Und in der That wird das auch bis zu einem gewissen Grad sich so verhalten. Denn ohne eine solche Annahme wäre schon für die oben (S. 134) beschriebene Circulation in der Photosphäre kaum eine genügende physikalische Erklärung zu finden. Die an der Oberfläche abgekühlten und dann abwärts gesunkenen Massen werden allerdings eo ipso wieder heißer; allein damit sie so stark geheizt würden, daß sie wieder mit ihrem früheren Wärmegehalt an der Oberfläche erscheinen können, dazu reichen die tieferen Schichten aus sich nicht hin, eben weil dieselben eine geringere specifische Wärmemenge haben als die etwas

höheren Schichten; dieſe ſtärkere Heizung iſt ſomit nur erklärbar, wenn wir eine ſtetige Wärmezufuhr aus dem Inneren annehmen.

Allein es ſcheint, daß dieſe aufwärts gerichtete Strömung der Wärme nicht damit erſchöpft wird, daß ſie jene oberflächliche Circulation der Photoſphäre zu unterhalten hilft; ſondern ſie wird ſtellenweiſe auch eine ſtärkere Heizung bewirken, welche nicht ſofort durch eine Circulation der Maſſen nach oben ausgeglichen wird. So wird ſich dann daſelbſt eine Schichte in größerer Tiefe ausbilden, deren ſpecifiſche Wärmemenge allmählich größer wird als die der darüber liegenden Schichten. Damit iſt dann das ſtabile Gleichgewicht in ein labiles verwandelt. Dieſes nun kann längere Zeit beſtehen bleiben, da tief im Inneren der Sonne kaum ſtörende mechaniſche Urſachen vorkommen, welche den erforderlichen Impuls zur Einleitung der Bewegung geben könnten. Aber je länger die Zeit der Ruhe iſt, deſto mehr Wärme wird ſich anſammeln, und deſto heftiger wird nachher der Ausbruch der Bewegung werden. Von der Beſchaffenheit der darüber liegenden Schichten wird es aber abhängen, welche Wirkung das heftige Aufſtoßen von unten haben wird. Wenn dieſe Schichten ſehr hoch ſind, und namentlich wenn in denſelben die Temperatur-Abnahme mit der Höhe verhältnißmäßig gering iſt, dann wird ſich die Bewegung noch innerhalb dieſer Schichten erſchöpfen; und an der Oberfläche wird nichts bemerkt werden als nur ein ſtärkeres Emporheben der Photoſphäre an dieſer Stelle, d. h. eine ſtärkere Entwicklung von Fackeln. Sind aber die Schichten weniger hoch, und iſt gleichzeitig die Temperatur-Abnahme mit der Höhe eine ſtärkere, dann bricht die Bewegung durch, und heftige Eruptionen von glühenden Metalldämpfen ſchießen hoch über das Niveau der Photoſphäre empor.

Dies ſind dann die von P. Secchi ſo benannten metalliſchen Protuberanzen. Dieſelben entſtehen alſo in ganz ähnlicher Weiſe und durch die gleichen Kräfte wie die Waſſerſtoff-Protuberanzen; nur kommen ſie aus weit größeren Tiefen, und deshalb beſtehen ſie auch vorzugsweiſe aus Metalldämpfen. Und eben weil ſie aus großen Tiefen kommen, ſo iſt leicht erklärbar, daß ſie trotz der eigenen Schwere und trotz der großen Widerſtände, welche ſie zu überwinden haben, doch infolge des unten herrſchenden immenſen Druckes von vielleicht 10 bis 20 Millionen Atmoſphären, nachdem einmal jene Widerſtände überwunden ſind, mit einer enormen Geſchwindigkeit aus der Photoſphäre emporſteigen. Die thatſächlich beobachteten Ge-

ſchwindigkeiten von 10 bis 40 Meilen haben ſonach gar nichts unerklärliches mehr. Aber eben aus der großen Heftigkeit ſowohl der wirkſamen Urſachen als auch der entgegenſtehenden Kräfte erklärt es ſich, daß dieſe Proceſſe gewöhnlich weit raſcher ſich abſpielen, als die Erſcheinungen der Waſſerſtoff-Protuberanzen. Es gibt da keine wolkenförmigen Protuberanzen wie bei dieſen, welche lange Zeit in der Sonnen-Atmoſphäre ſchweben bleiben, ſondern es ſind gewöhnlich nur Strahlen, welche aufſchießen und dann wieder niederfallen; und ſobald der Wärme-Ueberſchuß der aufſteigenden Maſſen nicht mehr ſo groß iſt, daß er die dynamiſche Abkühlung beim Aufſteigen und den Widerſtand der Schichten nebſt der eigenen Schwere überwinden kann, dann iſt das Ende der ganzen Erſcheinung an dieſer Stelle ſchnell erreicht.

Die metalliſchen Eruptionen ſteigen alſo infolge der großen Geſchwindigkeit bis zu ſehr bedeutenden Höhen empor, ſogar bis zur Höhe des halben Sonnen-Radius; und ihre Temperatur iſt ſo enorm hoch, daß ſie trotz der äußerſt energiſchen dynamiſchen Abkühlung, welche beim Aufſteigen durch die Ausdehnung bewirkt wird, dennoch auch in den größten Höhen noch glühend bleiben und helle Spectral-Linien zeigen. Allein indem dann noch die kräftige Ausſtrahlung dazu kommt, nimmt ihr Wärmegehalt und damit ihre Leuchtkraft doch bedeutend ab. Dieſe Erſcheinung zeigt ſich ſehr ſchön im Spectroſkop, indem dieſe Eruptionen gewöhnlich in der Form von hohen paraboliſchen Bogen ſich darſtellen, bei denen der aufſteigende Aſt weit heller iſt als der abſteigende. Die Abkühlung iſt ſo energiſch, daß ſie niederfallend wieder bis zu derſelben Tiefe gelangen würden, aus welcher ſie emporgetrieben wurden. Allein dieſe Rückwärtsbewegung geht bei weitem langſamer von Statten, weil da kein gewaltſamer Druck die Maſſen treibt, ſondern nur das eigene Gewicht. Die Dampfmaſſen fallen alſo langſam durch die Atmoſphäre, Chromoſphäre und umkehrende Schicht zurück zur Photoſphäre. Durch die großen Maſſen kühlerer Metalldämpfe wird dieſe gleichfalls etwas abgekühlt und gleichzeitig niedergedrückt. Schließlich wird ſie ganz durchbrochen und damit iſt dann ein „Sonnenflecken“ gebildet.

Die Oeffnung in der Photoſphäre iſt anfangs klein; allein es kommen mehrere Umſtände zuſammen, durch welche die Erſcheinung an Größe bedeutend zunehmen kann. Denn zunächſt wird die trichterförmige Vertiefung in der Photoſphäre zur Folge haben, daß auch andere Metalldämpfe, welche in der Nachbarſchaft in abgekühltem

Zuſtand herabgefallen ſind, in derſelben zuſammen fließen; und ferner, die vereinten Maſſen dringen wieder bis zu großen Tiefen in das Innere der Sonne, und infolge davon werden neue Maſſen emporgetrieben. Namentlich werden dann ſolche Maſſen emporſteigen, welche bereits im Zuſtand des labilen Gleichgewichtes ſich befinden und nur eines Impulſes bedürfen, um in die heftigſte Bewegung gegen oben zu gerathen. Es werden alſo um den Flecken neue Metall-Protuberanzen ſich bilden; und dieſe werden ihrerſeits die emporgeſchleuderten und dann abgekühlten Maſſen wieder vorzugsweiſe dem Centrum des Fleckens zuführen. Manche derſelben werden aber auch neue kleine Flecken in der Nachbarſchaft bilden, wenn ſie in zu großer Diſtanz von dem Hauptflecken niederſinken.

Dieſe Erklärung ſtimmt ſehr gut mit der durch die Beobachtungen erwieſenen Thatſache, daß die metalliſchen Eruptionen gerade vorzugsweiſe in der Umgebung um größere Flecken herum auftreten, ja daß überhaupt die Flecken nur in jenen Zonen der Sonne auftreten, in welchen auch metalliſche Eruptionen ſtattfinden. In höheren Breiten über den 40.° hinaus gibt es keine metalliſchen Eruptionen mehr oder doch nur ganz ausnahmsweiſe; und es fehlen daſelbſt auch die Flecken. Dagegen fällt die Zone der größten Activität in Bezug auf metalliſche Eruptionen zuſammen mit der Zone der ſtärkſten Fleckenbildung. — Auch die Fackeln treten vorzugsweiſe häufig auf in der Umgebung von größeren Flecken; und auch das erklärt ſich leicht daraus, daß die in der Mitte des Kernes ſinkenden Maſſen in der Tiefe auch ſolche Dämpfe aufwühlen und emportreiben, deren Ueberheizung und Energie zu gering iſt, als daß ſie gegen oben durchbrechen könnten, wohl aber hinreichend, um die Photoſphäre etwas zu heben, wodurch ja eben die Fackeln entſtehen.

Dieſelbe Theorie wirft überdies auch ein Licht auf die weitere Thatſache, daß die Flecken eine Tendenz zur Gruppenbildung zeigen, und daß namentlich in der Nähe von großen Flecken ſehr oft Gruppen von kleineren beobachtet werden. — Ebenſo iſt es ſehr wohl möglich, daß ſich ein Flecken bereits wieder geſchloſſen hat und daß die Maſſen, welche unten aufgewühlt wurden, nach ihrem langen Umweg durch die etwa 20000 Meilen hohe Parabel erſt verſpätet an der Stelle des Fleckens ankommen. Es wird dann an der Stelle des früheren Fleckens oder doch ganz in der Nähe ein neuer entſtehen; was bekanntlich ebenfalls häufig beobachtet wird. — Endlich erklärt ſich daraus auch die lange Dauer der Flecken. Kein anderer

vorübergehender Vorgang von allen, welche auf der Sonne beobachtet werden, hält so lange an wie die Flecken. Manche derselben verschwinden allerdings sehr bald wieder; aber dafür gibt es auch zahlreiche, die 2 bis 4 Monate andauern. Unter den von mir bearbeiteten Beobachtungen in Kaloesa, welche fast 4 Jahre umfassen, fanden sich gegen 60 solcher Fälle [1]). Zu andern Zeiten hat man aber auch Flecken beobachtet, welche über ein Jahr anhielten, und anno 1840 und 41 sogar einen, welcher 18 Monate andauerte. Das ist eben daraus erklärbar, daß ein Flecken nicht — wie z. B. die Protuberanzen — ein Ausgleichungsproceß einer vereinzelten einmaligen Gleichgewichtsstörung ist, sondern ein fortwährend sich selbst unterhaltender Zustand, zu welchem sehr viele im weiten Umkreis und successiv auftretende Eruptionen beitragen.

Hiernach wird im allgemeinen ein Flecken so lange anhalten, bis der ganze Vorrath von Wärme, welche in einem größeren Umkreis die Ueberhitzung in der Tiefe bewirkte, durch die verstärkte Ausstrahlung der Eruptionen allmählich erschöpft ist, so daß keine Metalldämpfe mehr vorhanden sind, deren Energie hinreichte, um als Eruptionen über die Photosphäre sich zu erheben. Wenn dieses Stadium erreicht ist, dann drängt die Photosphäre von allen Seiten mit Gewalt in den Raum ein und füllt ihn wieder aus. Dabei entstehen durch das tumultuarische Zusammenströmen der Massen Erhöhungen in denselben, gleichsam Wellenberge. Daraus erklärt sich, daß sogleich nach dem Verschwinden eines größeren Fleckens viele kleine Fackeln an derselben Stelle sich zeigen. Es ist aber einleuchtend, daß dies eine andere Art Fackeln ist, und daß dieselben einen andern Ursprung haben, als die eigentlichen großen Fackeln, deren Entstehung oben angedeutet wurde.

Aber auch noch bevor ein Flecken im Verschwinden begriffen ist, werden durch die in dessen Mitte abwärts strömenden Gase Theile von der angrenzenden Photosphäre angezogen und mit hinabgerissen. Hieraus erklärt sich die fadenförmige Structur, welche an den Halbschatten gewöhnlich beobachtet wird. Dabei liegt es in der Natur der Sache, daß vorzugsweise nicht die hellen Körner mit hinabgezogen werden, da in diesen noch ein kräftiger Auftrieb gegen oben vorhanden ist, sondern vielmehr die Massen des photosphärischen Netzes,

[1]) Vergl. „Berichte von d. erzbisch. Haynald'schen Observatorium" von C. Braun, S. J. Münster, Aschendorff. 1886.

welche aus ſich bereits in einer abwärts gehenden Bewegung begriffen ſind. Dem entſprechend erſcheint der Halbſchatten auch bereits an ſeiner äußerſten Grenze beträchtlich dunkler als die übrige Oberfläche der Sonne; und die Grenze iſt nicht verwaſchen, ſondern ſcharf, ebenſo wie ja auch zwiſchen den hellen Körnern und dem dunkleren photoſphäriſchen Netz eine ſcharfe Begrenzung beſteht. Dieſe abſteigenden Maſſen erſcheinen aber hauptſächlich deshalb weniger hell, weil die darin ſuspendirten Theilchen von Kohlenſtoff, Bor und Silicium durch Ausſtrahlung die hohe Temperatur ihres hellſten Glühens bereits verloren haben. Indem ſie nun aber abwärts ſinken, ſteigt mit zunehmender Compreſſion auch die Temperatur wieder, und deshalb werden ſie wieder heller glänzend. Hieraus erklärt ſich, daß der innere Rand des Halbſchattens trotz der darüber lagernden großen Maſſen kälterer Dämpfe doch gewöhnlich heller iſt als die übrigen Theile des Halbſchattens.

Man hat auch beobachtet, daß größere Flecken an ihrem vorderen Ende eine Tendenz zu einer ſchnelleren Bewegung zeigen, als ſonſt der betreffenden heliographiſchen Breite entſprechen würde. Namentlich zeigt ſich dies ſtark bei neu entſtandenen Flecken, während bei längerem Anhalten der Flecken dieſe relative Vorausbewegung erliſcht. Dieſe Erſcheinung ſtimmt gleichfalls ſehr wohl mit der oben dargeſtellten Theorie. Wenn nämlich die abgekühlten Dämpfe und Gaſe von einem neu entſtandenen Flecken abwärts ſich bewegen (S. 144), ſo geſchieht dies mit mäßiger Geſchwindigkeit und ſonach würde hierbei ſchon eine anſehnliche Vorauseilung entſtehen. Die Maſſen aber, welche in der Tiefe aufgewühlt werden und als Eruption aufſteigen, haben eine äußerſt große Geſchwindigkeit und folglich bleiben ſie beim Aufſteigen nur ſehr wenig gegen die Vertikale zurück. Hoch in der Sonnen-Atmoſphäre angelangt, nehmen ſie alsbald die Geſchwindigkeit der dort befindlichen Maſſen an; und dieſe iſt bedeutend größer als die des Fleckens, weil dort nicht nur wegen des größeren Radius die abſolute Geſchwindigkeit bedeutender iſt, ſondern auch die Rotationsgeſchwindigkeit ſelbſt (cf. sup. S. 127, 128). Indem alſo dieſe Maſſen nach der Abkühlung wieder langſam abwärts fallen, müſſen ſie nothwendig im allgemeinen einen namhaften Vorſprung gegen den Flecken erreichen. Es werden alſo im allgemeinen mehr kalte Maſſen am vorderen Ende eines Fleckens einſtrömen als am hinteren; und die Folge muß ſein, daß der Flecken am vorderen Ende ſtärker erweitert wird, während er am hinterer Ende weniger wächſt oder auch ſich

bereits wieder ſchließt. Somit muß eine Tendenz zur ſchnelleren Vorwärtsbewegung entſtehen. Indem aber bei längerem Anhalten des Fleckens die Eruptionen ſowohl an Zahl als an Höhe abnehmen, muß auch jene Tendenz ſchwächer werden, ſo daß dann der Flecken die für dieſe heliographiſche Breite normale Geſchwindigkeit beibehält. —

Wir ſehen alſo, daß der eigentliche Proceß, durch welchen ſowohl die Protuberanzen als auch die Flecken hervorgebracht werden, doch in einer ziemlich befriedigenden Weiſe erklärt werden kann. Noch ſind indeß zahlreiche Erſcheinungen, welche denſelben begleiten und offenbar damit zuſammenhangen, nicht aufgeklärt. Dahin gehört vor Allem jene heftige horizontale Bewegung, welche in der Chromoſphäre in der nächſten Umgebung von aufſteigenden Protuberanzen beobachtet wird; ferner das zonenweiſe Auftreten, und endlich die Periodicität der hierher gehörenden Erſcheinungen.

Von den horizontalen Stürmen geſchah bereits oben (S. 124) einige Erwähnung. Man erkennt ſie an einer Verzerrung und Ausbuchtung der Spectrallinien (namentlich C und F). Wendet man einen ſehr feinen Spalt ſenkrecht zum Sonnenrand an und ſtellt ihn genau ein auf eine Seite eines Protuberanzen-Strahles, dann ſieht man ſehr oft, daß die Waſſerſtoff-Linien gegen das violette Ende des Spectrums hin eine Ausbuchtung zeigen. Bringt man dagegen den Spalt auf die andere Seite der Protuberanz, dann beobachtet man eine Ausbuchtung gegen das rothe Ende hin, während man beide Ausbuchtungen gleichzeitig wahrnimmt, wenn entweder der etwas erweiterte Spalt die ganze Protuberanz in ſich faßt oder der Spalt tangential zur Sonne geſtellt iſt. Dieſe Erſcheinungen deuten ganz unzweifelhaft eine ſehr heftige cyklonenartige Bewegung des Waſſerſtoffs der Chromoſphäre an.

Es hat nun auch nicht die geringſte Schwierigkeit, um einzuſehen, daß um einen heftig emporſteigenden Strom von Gaſen oder Dämpfen die umſtehenden Gasmaſſen eine wirbelnde Bewegung annehmen können und unter gewiſſen Umſtänden auch annehmen müſſen. Hierin eben beſteht ja die Theorie unſerer Cyklonen, Teifune ꝛc. Indem nämlich die Luft im Centrum eines ſolchen ſtark erwärmt wird und mit Heftigkeit emporſteigt, während die ringsum befindliche Luft gegen die Mitte einſtrömt, wird dieſe von ihrer radialen Bewegungsrichtung durch die Rotation der Erde abgelenkt, ſo daß ihre Richtung rechts vom Centrum (auf der nördlichen Hemiſphäre) vorbeigeht.

Deshalb muß nothwendig ein linksum gerichteter Drehſturm entſtehen. Ganz ebenſo kann es nun auf der Sonne geſchehen. Ein weſentlicher Umſtand beſteht nur darin, daß der Einfluß der Rotation auf der Sonne ein weit geringerer iſt. Die Ablenkung von der radialen Richtung wird deshalb dort gewöhnlich nicht durch dieſe Urſache bewirkt, ſondern durch andere Störungen, z. B. dadurch, daß zwei oder mehr Protuberanzen nebeneinander ſich befinden, ſo daß die radiale Richtung der Bewegung gegen ein Centrum durch den gleichzeitigen Zug gegen ein anderes abgelenkt und in eine excentriſche Bewegung verwandelt wird. Dem entſprechend finden wir auch, daß der Sinn dieſer Wirbelbewegung auf der Sonne ein zufälliger iſt, bald linksum, bald rechtsum, während bei den Cyklonen, Tornados ꝛc. auf der Erde der Sinn der Dreh-Bewegung conſtant linksum gerichtet iſt auf der nördlichen Hemiſphäre und rechtsum auf der ſüdlichen. Die Erſcheinung bietet ſomit ihrer allgemeinen Natur nach keine Schwierigkeit dar.

Allein es entſteht ſogleich eine große Schwierigkeit, wenn man die Erſcheinung auch quantitativ unterſucht. Man findet nämlich aus den Beobachtungen, daß nothwendig ſehr große Geſchwindigkeiten von mehr als 20 geogr. Meilen, ausnahmsweiſe ſogar von etwa 50 Meilen (nach Young) angenommen werden müſſen. Für ſo enorme Geſchwindigkeiten ſcheinen aber unſere phyſikaliſchen Erklärungen bei weitem nicht auszureichen. Allerdings wird ein aufſteigender Luftſtrom, welcher eine ſo enorme Geſchwindigkeit beſitzt wie die Protuberanzen, eine äußerſt intenſive ſaugende Wirkung auf die umſtehenden Maſſen ausüben. Wenn ſchon ein wenig ausfließendes Queckſilber die Luft ſo kräftig anſaugt, daß dadurch in der Sprengel'ſchen Luftpumpe ein ziemlich hochgradiges Vacuum erzeugt werden kann, ſo muß wohl eine noch ſtärkere ſaugende Kraft entſtehen, wenn die bewegten Maſſen eine ſo enorme Geſchwindigkeit beſitzen wie die Protuberanzen. Allein die Intenſität des Saugens kann doch nie ſtärker werden als ſie gegen ein abſolutes Vacuum ſtattfinden würde. Nun weiß man aber, daß der Waſſerſtoff in ein vollkommenes Vacuum nur mit der Geſchwindigkeit von ca. 1510 Metern einſtrömt. Eine Geſchwindigkeit von ca. 300000 Metern ſcheint alſo aus dieſer Urſache durchaus nicht erklärbar, da dieſer Werth nahezu das 200fache von jenem iſt.

Dieſe Schwierigkeit iſt ſo bedeutend, daß ſehr tüchtige Aſtro-Phyſiker — namentlich Mr. Faye in einer lebhaften Diſcuſſion in der

pariſer Akademie — abſolut behaupten, die Ablenkung und Verzerrung der Spectrallinien müſſe eine andere Urſache haben als eine wirkliche Bewegung des leuchtenden Waſſerſtoffs. Sie haben indeß noch nicht den geringſten Anhaltspunkt für eine plauſible andere Erklärung finden können.

Es ſcheint nun aber, daß die oben gegebene Erklärung aus einer wirklichen Bewegung in der Chromoſphäre ſich doch recht wohl aufrecht halten läßt. Nur müſſen einige plauſible Annahmen zu Hilfe genommen werden. Zunächſt iſt anzunehmen, daß die Temperatur der bewegten Maſſen eine ſehr hohe iſt. Der Waſſerſtoff tief in der Chromoſphäre wird aus ſich allerdings kaum eine höhere Temperatur als etwa 30—40000° beſitzen. Aber die aufſchießenden Protuberanzen haben gewiß eine ſehr viel höhere Temperatur. Denn da dieſelben ſehr oft eine Höhe von 6000 g. Meilen und ausnahmsweiſe ſogar ca. 70000 Meilen erreichen und dabei trotz der enormen dynamiſchen Abkühlung doch noch bis zu den größten Höhen ſich in glühendem Zuſtand befinden, ſo folgt, daß die Temperatur in den unterſten Schichten eine äußerſt hohe ſein muß, welche nach den Principien der Thermodynamik mindeſtens auf 200—500000° geſchätzt werden muß. Indem nun die Waſſerſtoff-Maſſen die Protuberanz in großen Spiralen umkreiſen und dabei ſich derſelben nähern, werden ſie nothwendig ebenfalls ſehr ſtark erhitzt. Es wird nicht zu hoch gegriffen ſein, wenn wir annehmen, daß ein Theil dieſer Gaſe, welcher der Protuberanz ſehr nahe gekommen iſt, unter günſtigen Umſtänden eine Temperatur von 300000° und wohl auch noch mehr, erlangen könne. Dadurch wird aber das Volum der ſo erhitzten Maſſen nach dem Gay-Luſſac'ſchen Geſetz auf das 1100fache vergrößert und infolge der ſo ſtark verringerten Dichte muß nach den Geſetzen der Aerodynamik die Geſchwindigkeit eine 33·2 mal größere ſein als ſie unter den normalen Umſtänden (Temperatur = 0°, Druck = 760^{mm}) ſein könnte.

Zweitens nehmen wir an, daß für einen ſo enormen Druck von vielleicht 100000 Atmoſphären, wie er in den Tiefen der Chromoſphäre beſtehen muß, das Volum der Maſſen durch das Mariotte'ſche Geſetz zu klein angegeben wird, oder die Dichte zu groß —, eine Annahme, welche wir bereits von einem andern Geſichtspunkt aus zu machen gezwungen wurden (oben S. 118) —. Da nach den Verſuchen von Natterer ſchon bei einem Druck von 2700 Atmoſphären die Dichte der Gaſe durch das Mariotte'ſche Geſetz 3 bis 4 mal zu groß angegeben wird, ſo erſcheint es ganz gerechtfertigt, wenn wir annehmen,

daß unter einem Druck von etwa 100000 Atmosphären die Dichte der Gase mindestens 20 mal zu groß angegeben werde.

Endlich nehmen wir an, daß auch das Gay-Lussac'sche Gesetz die Dichte für sehr hohe Temperaturen zu groß angibt, wie wir ebenfalls bereits früher sahen (S. 118). Da die Abweichung bereits bei mäßigen Temperaturen eine sehr wohl bemerkbare ist, so können wir mit gutem Grund annehmen, daß sie bei sehr hohen Temperaturen eine stärkere sein wird, so daß für eine excessive Hitze von 200—300000° die Dichte wohl 2 mal zu groß angegeben werde.

Nehmen wir nun diese drei Annahmen zusammen, so ergibt sich daraus, den angeführten Zahlen entsprechend, daß die Geschwindigkeit des bewegten Wasserstoffes unter jenen extremen Verhältnissen und in unmittelbarer Nähe aufsteigender Protuberanzen steigen könne auf $1500^m \times \sqrt{1100 \cdot 20 \cdot 2} = 315000^m = 42{\cdot}5$ geogr. Meilen.

Dies ist nun schon ziemlich die größte Geschwindigkeit, welche durch Beobachtungen nachgewiesen ist. Nur Young behauptet, noch etwas größere Geschwindigkeiten beobachtet zu haben. Sollten indeß auch wirklich ausnahmsweise noch etwas größere Geschwindigkeiten vorkommen, so sind dieselben doch wenigstens durchaus von der Ordnung und *nahezu* gleich der soeben theoretisch abgeleiteten und eine kleine Aenderung in den Zahlenangaben der oben gemachten Annahmen würde genügen, um auch für möglicherweise bestehende noch größere Geschwindigkeiten eine hinreichende physikalische Erklärung zu gewähren. — Ueberdies scheint es aber, daß bei diesen Bestimmungen Young's ein Versehen unterlaufen sei. Dieser berühmte Astronom gibt nämlich an, daß er bei einer Protuberanz eine Ausbuchtung der F-Linie beobachtet habe, welche nach der einen Seite bis 6 mm nach der andern bis 7 mm der Kirchhoff'schen Scala sich erstreckt habe, und hieraus berechnet er die Geschwindigkeiten zu 40 und 54 Meilen. Allein in Wirklichkeit folgen aus jenen Ablenkungen der F-Linie nur die Geschwindigkeiten von 36 und 42 Meilen. Dem entsprechend werden wohl auch einige noch größere Angaben Young's von 60—70 Meilen gleichfalls einer namhaften Reduction bedürfen.

Auch ist nicht zu übersehen, daß diese Geschwindigkeiten nicht die *durchgängigen* oder *mittleren* der ganzen beobachteten Wasserstoff-Massen sind, sondern nur die *extremsten*, mit denen ein sehr kleiner Theil jener Massen sich bewegte, während der bei weitem größere Theil derselben eine stufenweise abnehmende, sehr viel geringere Ablenkung der F-Linie darbot und somit auch eine sehr viel geringere

Geſchwindigkeit beſaß. Dies entſpricht nämlich vollkommen der oben gegebenen Erklärung, nach welcher nur die innerſten Theile jenes immenſen Wirbels eine ſo große Geſchwindigkeit erlangen, während die äußeren Theile weit weniger erhitzt werden und folglich auch nur eine weit geringere Geſchwindigkeit erlangen können.

Wir ſehen ſonach einerſeits, daß wir für die beobachteten ſehr großen Geſchwindigkeiten der Waſſerſtoff-Maſſen wohl eine hinreichend begründete, genügende phyſikaliſche Erklärung geben können. Anderſeits aber ſehen wir uns auch gezwungen, die oben gemachten Annahmen als der Wahrheit entſprechend anzuſehen und in eben dieſer Erſcheinung einen neuen Beweis oder Beſtätigung für deren Richtigkeit zu erkennen; eben weil andernfalls gar keine irgendwie genügende Erklärung gegeben werden könnte. Haben wir dieſelben früher, von ganz andern Geſichtspunkten ausgehend, als plauſible Hypotheſen angenommen (cf. sup. p. 118), ſo dürften ſie jetzt wohl als etwas mehr gelten.

Wir müſſen alſo annehmen, 1. daß die Temperatur der Sonne ſowohl in der hier in Betracht kommenden Schichte der Chromoſphäre als noch vielmehr in den Protuberanzen und a fortiori im Inneren des Sonnenkörpers eine enorm hohe iſt und jedenfalls ohne Vergleich höher als die niedrigen Angaben, welche von einigen Phyſikern gemacht werden; 2. daß das Mariotte'ſche Geſetz für ſehr hohe Drucke ſehr ſtarke Abweichungen in minus für das Volum, oder in plus für die Dichte gebe; 3. (als ſehr wahrſcheinlich) daß auch das Gay-Luſſac'ſche Geſetz für ſehr hohe Temperaturen das Volum beträchtlich zu klein und die Dichte zu groß angebe.

Die ganze Erklärung dieſes Phänomens findet aber noch darin eine gewiſſe Bekräftigung, daß ſolche Geſchwindigkeiten eben nur in der Waſſerſtoffſchichte (Chromoſphäre) beobachtet werden, während die andern Dämpfe nur weit geringere Bewegungszuſtände erkennen laſſen. Dies entſpricht nämlich offenbar vollkommen den Geſetzen, welche für die Geſchwindigkeiten gelten, mit denen verſchiedene Gaſe in das Vacuum einſtrömen. —

Nun ſind noch zwei mehr nebenſächliche Umſtände zu erklären übrig, welche bei der Flecken-Entwickelung beobachtet werden, nämlich die räumliche Ausbreitung nach beſtimmten Zonen heliographiſcher Breite, und der zeitliche Verlauf nach einer fixen Periode von ca. 11 Jahren. Dieſe Erſcheinungs-Weiſen gehören indeß zu denen, welche bisher noch gar keine haltbare oder irgend plauſible Erklärung ge-

funden haben, und sie werden wohl auch nicht sobald eine wirklich vollkommen genügende Erklärung finden. Man kann da einstweilen nur mit Hypothesen eine Erklärung versuchen; und dann ist zu prüfen, ob dieselben sowohl den Beobachtungen als den theoretischen Untersuchungen gegenüber sich als haltbar und eventuell als einzig möglich erweisen.

Es wurde nun bereits nachgewiesen, daß die Atmosphäre der Sonne gegen den Aequator hin eine größere Höhe besitzen muß als in größeren Breiten, und daß dieser breite äquatoriale Gürtel gegenwärtig nur noch ein schwacher Rest ist von einer früheren sehr starken Abplattung der Sonne. Aus dieser höheren Zone der Atmosphäre konnten wir eine naturgemäße Erklärung für die verschiedene Rotationsgeschwindigkeit der Sonne in verschiedenen Breiten ableiten (cf. S. 126—128). Auch könnte man es wohl wenigstens zum Theil dem directen hemmenden Einfluß dieser höheren Atmosphären-Schicht zuschreiben, daß die Wasserstoffprotuberanzen um den Aequator eine etwas geringere Intensität und Höhe aufweisen als zu beiden Seiten des Aequators in mittleren Breiten.

Ferner könnte man mit einiger Wahrscheinlichkeit das verschiedene Aussehen der Granulation daraus erklären. Die Granulation bietet nämlich noch eine eigenthümliche Erscheinung, welche selbst bei oberflächlicher Beobachtung mit mittelmäßigen Fernröhren leicht wahrgenommen werden kann. Sie ist nämlich gegen die Pole hin deutlicher und schärfer ausgeprägt als gegen den Aequator. Der Unterschied tritt oft so stark hervor, daß man eine scharfe Grenzlinie zu bemerken glaubt zwischen den Regionen stärkerer und schwächerer Granulation. Eine solche scharfe Grenzlinie nun, — falls sie wirklich bestände — wäre nicht leicht zu erklären. Dagegen könnte der Unterschied im allgemeinen leicht erklärt werden aus der Wirkung der bereits erwähnten höheren äquatorialen Zone der Sonnen-Atmosphäre. Wenn über der mittleren Zone der Sonne ein breiter Gürtel einer vielleicht um 50 oder 100 g. Meilen höheren Atmosphäre ruht, so muß das zur Folge haben, daß die Ausstrahlung der Sonne daselbst etwas mehr gehindert wird. Die Temperatur der Sonnenoberfläche wird dadurch allerdings nicht vermindert, weil an der ganzen Oberfläche der Sonne der Druck überall der gleiche ist, und folglich auch die Condensation der Stoffe bei der gleichen Temperatur erfolgt; aber der ganze Proceß geht langsamer vor sich. Die Massen, welche verschiedene Helligkeit besitzen, finden folglich

mehr Zeit, um in einander zu diffundiren, und somit muß das photosphärische Netz weniger scharf markirt sein, auch in sich und objectiv betrachtet. Dazu kommt aber noch die weitere Wirkung derselben Zone auf die Lichtstrahlen, welche uns die Wahrnehmung der Sonnenoberfläche vermitteln. Diese müssen gleichfalls jene Zone durchdringen, werden dadurch etwas mehr geschwächt, und somit erscheinen uns die Einzelheiten der Sonnenoberfläche in den mehr äquatorialen Regionen etwas weniger scharf als in den beiden Calotten gegen die Pole zu. Diese Verschiedenheit im Aussehen der Granulation ist nicht sehr bedeutend und könnte für eine sehr unwichtige Erscheinung gehalten werden. Aber in Wirklichkeit dürfte sie eine weit größere Tragweite haben, als man vermuthet, wie aus dem Folgenden erhellen dürfte.

In weiterer Consequenz nämlich scheint dieselbe Zone einen Schlüssel zu bieten, welcher ein besseres Verständniß und vielleicht die richtige Erklärung der uns jetzt beschäftigenden Erscheinung ermöglichen könnte. Eine solche höhere äquatoriale Zone der Atmosphäre mußte nämlich — wie bereits erwähnt wurde (S. 152), und wie es in der Natur der Sache liegt — bewirken, daß die Wärme-Ausstrahlung in den äquatorialen Gegenden eine langsamere war als gegen die Pole hin. Dieser Unterschied wird gegenwärtig allerdings ein sehr geringer sein; aber in früheren Perioden war er gewiß sehr bedeutend. Und da er durch sehr lange Zeiträume von vielen Jahrmillionen ohne Unterbrechung wirksam war, so mußte die Wirkung nothwendig sehr stark hervortreten. Es mußte nämlich gegen die Pole hin, um so zu sagen, die Abkühlung tiefer in den Sonnenkörper hineindringen. Da nun aber an der äußersten Oberfläche der Photosphäre überall die gleiche Temperatur besteht (cf. S. 152), so muß die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe gegen die Pole hin eine geringere sein als in der Nähe des Aequators. Dies Verhältniß kann nun aber offenbar nur bis zu einer gewissen Tiefe bestehen und von da ab muß in noch größern Tiefen umgekehrt gegen den Aequator hin die weitere Zunahme der Temperatur mit der Tiefe eine geringere sein als in größeren Breiten. Eine gewisse mittlere Tiefe wird es geben, in welcher durch den Einfluß der eindringenden Abkühlung die Zunahme der Temperatur bei zunehmender Tiefe für den betreffenden Ort den größten Werth erreicht. Und diese Tiefe muß gegen die Pole hin beträchtlich größer sein als in den äquatorialen Gegenden. Es muß

alſo im Inneren der Sonne ein gewiſſes Sphäroïd von anſehnlicher Abplattung beſtehen, an deſſen Oberfläche die Zunahme der Temperatur gegen unten, oder „die Temperatur-Abnahme mit der Höhe“ eine größere iſt als ſowohl oberhalb wie unterhalb dieſer Fläche.

Nun iſt die Sonne allerdings nicht ein feſter Körper, und folglich könnten jene Unterſchiede der verſchiedenen heliographiſchen Breiten durch die Beweglichkeit der Maſſen allmählich ausgeglichen werden. Allein es iſt trotz des gasförmigen Zuſtandes der Sonne ſehr fraglich, ob ſolche ſtrömende Bewegungen in ihrem Inneren beſtehen, durch welche eine Ausgleichung herbeigeführt werden könnte. Und wenn ſie auch beſtänden, ſo iſt doch die Beweglichkeit der Maſſen ſehr wahrſcheinlich eine ſo geringe (cf. sup. S. 120) und die Dimenſionen der Sonne ſind ſo koloſſal, daß wahrſcheinlich erſt nach unermeßlichen Zeiträumen die einmal eingeleitete und dann in ſchwächerem Maß unterhaltene Ungleichheit ausgeglichen werden könnte. Jene Verſchiedenheit wird alſo auch gegenwärtig noch wenigſtens einigermaßen vorhanden ſein.

Nun liegt es in der Natur dieſer Vorgänge und es wurde bereits bemerkt (S. 142), daß die Wirkung der heftigen Gleichgewichts-Störungen aus der Tiefe ſehr abhängig ſein muß von der Beſchaffenheit der Schichten, welche über der betreffenden Stelle liegen. Wenn dieſe Schichten ſehr hoch ſind, und wenn in denſelben die Temperatur-Abnahme mit der Höhe eine verhältnißmäßig geringe iſt, dann muß in denſelben die Energie der aufſtoßenden Dampfmaſſen erlahmen, und folglich können keine metalliſchen Eruptionen entſtehen.

Sonach iſt es ganz erklärlich, daß über eine gewiſſe heliographiſche Breite hinaus bis zu den Polen ſowohl die metalliſchen Protuberanzen fehlen als auch infolge davon die Flecken. Es gibt dagegen daſelbſt noch zahlreiche Fackeln und infolge davon auch Waſſerſtoff-Protuberanzen. Aber auch dieſe müſſen der gegebenen Theorie entſprechend ganz in der Nähe der Pole mit geringerer Intenſität auftreten als in einiger Entfernung von denſelben.

In geringeren Breiten, vom 40. Grad abwärts, iſt dagegen die Schichte, welche zu durchbrechen iſt, weniger hoch und in derſelben iſt die Temperatur-Abnahme mit der Höhe eine ſtärkere. Folglich finden die aufſtoßenden Dampfmaſſen in derſelben einen geringeren Widerſtand und demgemäß entſtehen metalliſche Protuberanzen und Flecken.

Ganz in der Nähe des Aequators jedoch nimmt die Intenſität dieſer Vorgänge wieder bedeutend ab, obgleich daſelbſt der Widerſtand

der zu durchbrechenden Schichten ein noch geringerer ist. Dies scheint daraus sich zu erklären, daß gleichzeitig auch die Energie der aufstoßenden Massen eine schwächere ist, und zwar in stärkerem Verhältniß schwächer als der Widerstand der oberen Schichten geringer ist. Dies wird nicht auffallend erscheinen, wenn wir bedenken, daß jene gewaltigen Gleichgewichtsstörungen von unten, gemäß dem, was oben (p. 141, 142) hervorgehoben wurde, vorzugsweise an jener Stelle, resp. in jenen Tiefen ihren Ursprung haben werden, wo die Temperatur-Abnahme mit der Höhe eine stärkere ist. Sie werden also der großen Mehrzahl nach entstehen in oder nahe unter jener sphäroidalen Fläche, von welcher oben die Rede war. Diese Stelle ist aber unter dem Aequator weit weniger tief gelegen als in höheren Breiten. Anderseits geht aus der Erklärung, welche wir oben von den Protuberanzen gaben (S. 136..., 142), hervor, daß die Energie dieser Vorgänge einigermaßen direct proportional sein muß dem aërostatischen Druck der Dämpfe, welcher an der Stelle herrscht, wo die Protuberanz ihren Ursprung hat (S. 138). Da nun dieser Druck bekanntermaßen mit zunehmender Tiefe in einem viel rascheren und mit enormer Beschleunigung wachsenden Verhältniß an Intensität zunimmt, so ist es ganz erklärlich, daß die eigentlich treibende Kraft der metallischen Eruptionen unter dem Aequator eine ganz bedeutend geringere sein muß, als in etwas höheren Breiten [1]). Infolge davon können auch nur geringere Mengen von Metalldämpfen und zu geringeren Höhen emporgeschleudert werden, obgleich der Widerstand welcher daselbst zu überwinden ist, gerade hier seinen Minimalwerth hat.

Man könnte versuchen, den Vorgang mittelst Formeln zu verfolgen. Nimmt man sowohl für die Energie des Auftriebes als auch für die Größe des Widerstandes Ausdrücke an, welche einigermaßen

[1]) Dieser Umstand kann dann allerdings der S. 126 berührten Hypothese Faye's entsprechend auch als Mitursache beitragen, um die verschiedene Rotationsgeschwindigkeit der Flecken zu bewirken. Indeß erhält die von Faye ohne alle Begründung als bloße Möglichkeit hingestellte Hypothese doch erst aus der oben gegebenen Theorie eine Begründung, d. h. unter Annahme jenes höheren äquatorialen Gürtels der Sonnen-Atmosphäre; und ein solcher kann seinerseits nur bestehen, wenn er bedeutend schneller rotirt als die Sonne selbst. Die ungleiche Rotationsgeschwindigkeit kann also nicht auf den von Faye vermutheten Umstand als einzige Ursache zurückgeführt werden. Die wahre und Haupt-Ursache ist vielmehr, wie oben durchgeführt wurde, die schnellere Rotation jenes äquatorialen Gürtels der Atmosphäre. Außerdem irrt Faye darin, daß er die Flecken selbst als den Kanal für die aufsteigenden Massen ansieht.

der oben gegebenen Theorie entsprechen, und setzt die Intensität der Eruptionen gleich der Differenz jener beiden Ausdrücke, so gelangt man zu einem Ausdruck für diese Intensität von der Form $J = A + B.\sin^2\beta - C.\sin^4\beta + D.\sin^6\beta - \ldots$ Gibt man versuchsweise den Constanten die Werthe $A = 1$, $B = 40$, $C = 120$, $D = 40$, so erhält man für diese Intensität der Durchbrüche unter dem Aequator oder bei $\beta = 0$ den Werth $J = 1$; $J = 2{\cdot}08$ unter $\beta = 10^\circ$; $J = 4{\cdot}1$ unter $\beta = 20^\circ$; $J = 3{\cdot}56$ unter $\beta = 30^\circ$; $J = -0{\cdot}4$ unter $\beta = 45^\circ$; und weiter werden alle Werthe negativ bis zu den Polen. Die Formel gibt sonach theoretische Werthe für die Häufigkeit und Intensität der Fleckenthätigkeit, welche mit den beobachteten Werthen einigermaßen gut harmoniren. Durch bessere Bestimmung der Constanten könnte gewiß auch noch eine größere Uebereinstimmung erzielt werden. Doch ist das hier nicht unser Zweck. Es genügt vielmehr, im allgemeinen zu constatiren, daß unter den gemachten physikalischen Annahmen, wirklich die Erscheinungen eine ziemlich genügende Erklärung finden können.

In demselben Maaße nun, als die Ausstrahlung der Sonne anhält, muß natürlich die Abkühlung von allen Seiten tiefer in die Sonne eindringen. Eine nothwendige Folge davon wird sein, daß dann die fleckenfreien Calotten um beide Pole noch größer werden und die beiden Zonen der größten Fleckenthätigkeit mehr gegen den Aequator rücken. Später werden sie in eine einzige verschmelzen, und schließlich alle metallischen Eruptionen und Flecken aufhören. Die Ansicht, daß die Flecken ein Zeichen von verminderter Energie der Sonne und ein kleiner Anfang vom Erlöschen seien, ist sonach verfehlt; und wir haben durchaus keinen Anhaltspunkt, um zu vermuthen, daß unser Leben sprühendes Tages-Gestirn bereits seinem Greisen-Alter sich nähere. Wenn alle Fleckenthätigkeit verschwunden sein wird, dann würde man im Gegentheil eher zu einer solchen Annahme berechtigt sein. —

Noch mehr Schwierigkeit und Unsicherheit als die räumliche Vertheilung der Flecken bietet die Erklärung des zeitlichen Verlaufs d. i. die Periodicität dieser Erscheinungen. Man hat leicht sagen, daß nach einer Zeit von starker Activität eine Erschöpfung der wirksamen Kräfte und folglich ein mehr ruhiger Zustand eintreten müsse, und daß dann während und infolge dieser Ruhe die Kräfte in der Tiefe wieder zu größerer Intensität anwachsen können, um dann wieder eine Reihe von Eruptionen herbeizuführen. Dies ist allerdings vollkommen richtig. Allein eine solche allgemein gehaltene Theorie ist

am Ende mehr eine natur-philoſophiſche als eine phyſikaliſche; und es iſt wenig damit gewonnen, wenn nicht die ſpecielle phyſikaliſche Kraft angegeben wird, welche die Urſache der Erſcheinung iſt.

Wir könnten nun unter dieſer Kraft, welche erſchöpft wird, und wieder allmählich an Intenſität zunimmt, eben jene Anſammlung von Wärme verſtehen, von welcher oben (S. 142) die Rede war; und wir hätten dann im Prineip doch eine wirkliche phyſikaliſche Erklärung der Erſcheinung gewonnen, welche ſchwerlich als eigentlich unrichtig erwieſen werden könnte. Allein da jene Abwechslung von Erſchöpfung und Wiedererſtarkung doch aus ſich nicht an eine Periode von genau beſtimmter mittlerer Länge gebunden ſein kann, ſo würde dabei der Umſtand noch völlig unerklärt bleiben, daß die Periodicität im Großen und Ganzen gleichartig und nahezu gleichzeitig verläuft auf der ganzen Oberfläche der Sonne, wo ſie überhaupt auftritt.

Es ſcheint da kaum etwas Anderes übrig zu bleiben, als daß wir bereits in der Grund-Urſache des Phänomen's, nämlich in dem Aufſteigen der Wärme aus dem Inneren gegen die Oberfläche, eine Periodicität annehmen. Dieſes Wandern der Wärme von Innen gegen Außen wird allerdings im allgemeinen ein ziemlich ſtetiges ſein; aber daneben kann noch recht wohl ein ſtärkeres Aufſteigen abwechſelnd mit einem ſchwächeren ſtattfinden, eine Art wellenförmiges Pulſiren dieſer Wärmebewegung. Eine beſtimmte phyſikaliſche Urſache, durch welche ein ſolcher Zuſtand herbeigeführt werden müßte, können wir allerdings nicht mit Gewißheit angeben; aber wir erkennen doch, daß derſelbe ſehr wohl herbeigeführt werden konnte, da wir auch bei andern Bewegungen oft beobachten, daß ſie aus dem Zuſtand einer rein continuirlich fließenden Bewegung in den einer mehr oder weniger ſtark pulſirenden wellenartigen übergehen. So wird z. B. der in eine Orgelpfeife oder Flöte geblaſene, in ſich vollkommen ſtetige Luftſtrom ſofort energiſch in einen pulſatoriſchen umgeſetzt; und auch ſelbſt im Großen bei Winden und Stürmen beobachten wir, daß ſie ſehr ſelten mit ganz gleichförmiger ſtetiger Kraft ſich austoben, ſondern vielmehr unter einer fortwährenden Abwechſelung von heftigen Windſtößen mit ſchwächerem Winde. Auch die gewaltigen Meereswogen entſtehen ja durch heftige Stürme, welche aus ſich ziemlich continuirlich blaſen. Es kann alſo auch wohl recht gut bei jener Bewegung aus der Tiefe des Sonnenkörpers gegen die Oberfläche ein ſolches wellenartiges Pulſiren eintreten. Bei der immenſen Größe der Sonne wird dasſelbe eine ſehr langſam verlaufende Periode ha-

ben. Wenn es dementſprechend in einer Periode von ca. 11⅑ Jahren (im Durchſchnitt) verläuft, ſo wäre die Periodicität der Protuberanzen- und Fleckenbildung, wie wir ſie beobachten, damit erklärt, oder doch wenigſtens auf eine phyſikaliſche Urſache zurückgeführt, welche wirklich beſteht, wenn ſie auch in ſich ſelbſt noch nicht vollkommen aufgeklärt iſt.

Möglich wäre aber, daß ein ſolches Pulſiren der Wärme-Bewegung herbeigeführt würde durch ein mechaniſches Oscilliren des Volum's der Sonne ſelbſt. Die Sonne muß nämlich nothwendig ſich contrahiren oder zuſammenſickern. Dieſe Bewegung der wägbaren Stoffe, aus denen die Sonne beſteht, kann nun recht wohl zum Theil in das tactmäßige tempo einer Wellenbewegung übergehen. Dieſes Alterniren einer ſtärkeren Contraction mit einer ſchwächeren könnte wohl auch infolge der enormen Dimenſionen der Sonne und des zähen Zuſtandes (cf. p. 120) der inneren Maſſen möglicherweiſe auch gegen 11 Jahre zur Durchführung von einer Periode erfordern. Jede ſtärkere Contraction würde eine heftigere Entbindung von Wärme zur Folge haben, welche dann durch Leitung und Strahlung langſam gegen die Oberfläche ſich bewegt.

Mag nun die eigentliche phyſikaliſche Urſache der rythmiſchen Verſtärkung und Schwächung der Wärme-Entwickelung dieſe ſein oder eine andere noch unbekannte, ſo wird doch eine ſolche Wärme-Welle nicht nach allen Richtungen zu gleicher Zeit auf jene Stelle ſtoßen, an welcher die günſtigſten Bedingungen für die Bildung oder Auslöſung einer Eruptionsbewegung vorhanden ſind. Gemäß der oben (S. 142) gegebenen Auseinanderſetzung werden die metalliſchen Eruptionen ihren Urſprung vorzugsweiſe in der Nähe jener mit der Sonne concentriſchen Fläche haben, an welcher die Temperatur-Abnahme mit der Höhe ein Maximum iſt. Da nun dieſe Fläche eine ſphäroidale Geſtalt mit ziemlich ſtarker Abplattung hat (S. 154), ſo wird ſie von jener Wärme-Welle zuerſt erreicht werden in der Umgebung der Axe, ſpäter in mittleren Breiten und zuletzt unter dem Aequator.

In hohen Breiten wird die Wärme-Welle ein heftiges Aufſtoßen von unten bewirken, aber — wie bereits auseinandergeſetzt wurde (S. 154) —, keine metalliſchen Protuberanzen, ſondern nur Fackeln und Waſſerſtoffprotuberanzen. Allmählich wird die Bewegung in tiefere Breiten herabrücken, und in der Breite von 40° können einzelne Protuberanzen bereits durchdringen. Damit beginnt dann ein neuer

Cyklus von metallischen Protuberanzen und Flecken. Noch später wird folgeweise unter 30°, 20°, 10° Breite die Zone sein, in welcher die Bedingungen für die Entbindung der Eruptionen am günstigsten sind, und wo dem entsprechend ein Maximum der Entwickelung von Protuberanzen und Flecken stattfindet. Es erscheint also nach dieser Theorie ganz naturgemäß, daß die mittlere Zone der größten Fleckenthätigkeit aus größeren Breiten (40°) allmählich gegen den Aequator hin wandern muß, wie es die Beobachtungen nach Spörers Entdeckung wirklich erkennen lassen. Am Aequator erlischt die Erscheinung, weil (cf. p. 155) die Energie des Aufstoßens aus der Tiefe zu gering wird. Aber bald darauf zeigen sich in höherer Breite bereits wieder die ersten Flecken als Vorboten einer neuen Periode, welche durch eine folgende Wärme-Welle herbeigeführt wird. —

Die Theorie der Sonne, soweit sie in Obigem dargestellt wurde, bezieht sich auf den eigentlichen sogen. Sonnenkörper. Wir wissen aber, daß um denselben herum noch eine gewisse andere Atmosphäre vorhanden ist, die sogen. Corona (v. p. 123). Dieselbe ist erst in den neuesten Zeiten eigentlich entdeckt worden, da es erst seit etwa ¼ Jahrhundert festgestellt ist, daß jener Glorien-Schein, welcher die Sonne bei totalen Finsternissen umgibt, wirklich auf eine zur Sonne gehörige, dieselbe umgebende sehr dünne Atmosphäre zurückzuführen ist.

Ueber die eigentliche Natur dieser Corona sind wir nun noch weniger aufgeklärt als über die übrigen Theile der Sonne. Ja auch die äußere Erscheinung derselben ist nur sehr mangelhaft durch Beobachtungen festgestellt Die Ursache hievon liegt darin, daß eigentliche Beobachtungen der Corona nur während jener kurzen und seltenen Zeitabschnitte angestellt werden können, welche während einer totalen Sonnenfinsterniß verfließen. Diese wenigen Minuten sind dann noch gewöhnlich stark in Anspruch genommen durch die Beobachtung anderer Phänomene von größerer Wichtigkeit, so daß im Ganzen wenig Zeit und Aufmerksamkeit für die Beobachtung der Corona verwendet werden kann. Huggins hat allerdings versucht, die Corona auch außer der Zeit der Finsternisse an gewöhnlichen heiteren Tagen mittelst der Photographie zu beobachten; allein er ist damit einstweilen nur so weit gediehen, daß man mit einiger Wahrscheinlichkeit behaupten kann, daß das, was die Photographie darstellt, wirklich die Corona sei, und nicht etwa eine Diffraetions-Wirkung der Sonnenstrahlen. Eine genauere Erforschung der Corona auf

Grund dieſer Photographieen iſt aber einſtweilen noch ganz unmöglich[1]).

Die Beobachtungen während der Finſterniſſe haben nun ergeben, daß die Corona ein Gebilde von weit geringerer Conſtanz und Stabilität iſt als die übrigen Beſtandtheile der Sonne. Zwar iſt die Geſtalt und Structur der Corona im Verlauf von mehreren Stunden im allgemeinen ziemlich conſtant, da die Photographieen derſelben, welche an ſehr weit von einander gelegenen Orten und ſomit zu verſchiedenen Stunden während derſelben Finſterniß angefertigt wurden, im allgemeinen das gleiche Ausſehen bieten; und wahrſcheinlich wird auch während etwas längerer Zeitabſchnitte das allgemeine Ausſehen der Corona ſich nicht weſentlich ändern. Allein in größeren Zeitintervallen und von einer Finſterniß zu einer andern ändert ſich die allgemeine Structur der Erſcheinung meiſtens ſehr gründlich. In dieſen Aenderungen ſieht man auch noch kaum eine Spur von einem geſetzmäßigen Verlauf. Doch das Eine iſt mit ziemlicher Sicherheit feſtgeſtellt, daß um die Zeit der Flecken-Minima die Corona weit weniger ausgedehnt und weniger hell iſt, und die großen Strahlen und Ausbuchtungen fehlen; während zur Zeit ſtärkerer Fleckenthätigkeit auch die Corona eine weit größere Ausdehnung hat und große lange Strahlen aus ſich ausſendet.

Dieſe eine Thatſache nun ſcheint ſchon genügend anzudeuten, daß die Corona von den tiefer liegenden Schichten und deren Bewegungen in ganz ähnlicher Weiſe beeinflußt wird wie z. B. die Chromoſphäre. Wie in dieſer ſich die Waſſerſtoff-Protuberanzen bilden, wenn die Bewegungen der umkehrenden Schichte gegen oben in die Chromoſphäre übergreifen (S. 136), und wie auch eben dieſes Emporſchleudern jener Schichte vorzugsweiſe dadurch herbeigeführt wird, daß Erhöhungen der Photoſphäre (d. i. Fackeln) in dieſelbe emporragen; ebenſo wird auch die Corona in lebhafte Bewegungen verſetzt, wenn Eruptionen aus den tieferen Schichten in dieſelbe eindringen, ſeien es nun Waſſerſtoff-Protuberanzen aus der Chromoſphäre, oder metalliſche Protuberanzen aus größeren Tiefen. Da nun dieſe Vorgänge eine Periode befolgen, welche ganz parallel mit der Periode der Fleckenbildung verläuft, ſo wird nothwendig auch die Corona am lebhafteſten

[1]) Nach den neueſten während der totalen Sonnenfinſternis vom 29. Auguſt 1886 angeſtellten Unterſuchungen hat ſich die Hoffnung des Mr. Huggins nicht bewährt, und auf ſeinen Photographien kommt gar nicht die eigentliche Corona zur Darſtellung.

in ihrem Gleichgewichtszuſtand geſtört und ſtärker agitirt erſcheinen zur Zeit der Flecken-Maxima; am ruhigſten dagegen zur Zeit des Minimums der Fleckenthätigkeit.

Die Natur des Stoffes aber, aus welchem die Corona beſteht, ſcheint es mit ſich zu bringen, daß dieſe Bewegungen der Corona noch weit heftiger und großartiger ſind als die eigentlichen Protuberanzen. Zwar wiſſen wir nicht viel Gewiſſes über die innerſte Beſchaffenheit dieſes Stoffes; allein die Induction aus der ganzen übrigen kosmogoniſchen Theorie drängt uns zu der Annahme, daß derſelbe gleichſam der letzte noch übrigbleibende Reſt des urſprünglichen Nebels ſei, aus welchem das Sonnenſyſtem ſich bildete. Deshalb wird er nicht nur vorzugsweiſe aus den allerleichteſten der wägbaren Stoffe beſtehen (wie Waſſerſtoff, und der noch leichtere Stoff, dem die „Corona-Linie" 1474 K. eigen iſt); ſondern er wird auch noch ſtark mit gebundenem Aether untermiſcht ſein, welcher die Atome in Form kleiner Hüllen umgibt, da er noch nie einer ſtärkeren Compreſſion ausgeſetzt war, welche dieſen Aether in ſtärkerem Maaß hätte austreiben können. Deshalb wird dieſer Stoff auch in ſeinen Eigenſchaften einigermaßen dem Aether ſich nähern. Folglich wird er vor den andern uns bekannten Gas-Arten ſich auszeichnen durch eine große Beweglichkeit infolge der ſehr geringen Maſſe der Atome und der ſtarken Repulſivkräfte, welche dieſelben umgeben, und durch eine große Empfindlichkeit und Reaction gegen die Einwirkung von Imponderabilien wie Wärme und Elektricität. Wenn alſo Protuberanzen ſich hoch in die Corona hinauf erheben, dann wird in dieſer ſelbſt eine Bewegung entſtehen müſſen, welche zwar im allgemeinen den Protuberanzen analog iſt, aber weit größere Dimenſionen beſitzt. So dürfte wohl die Entſtehung jener rieſigen Strahlenbildungen in der Corona zu erklären ſein. Eine Beſtätigung dieſer Theorie dürfte in dem Umſtand enthalten ſein, daß nicht nur der Zeit nach die Intenſität der Corona-Entfaltung mit der Intenſität der Protuberanzenbildung gleichen Schritt hält — wie bereits erwähnt wurde —, ſondern auch der räumlichen Ausdehnung nach jene gewaltigen Strahlenbildungen der Corona vorzugsweiſe in mittleren Breiten gegen den 30. Grad der Breite auftreten, in welchen auch die Protuberanzen ihre größte Intenſität entfalten. Noch mehr: bei den meiſten genaueren Zeichnungen oder Photographieen der Corona, in welchen gleichzeitig auch die Protuberanzen dargeſtellt ſind, kann man wahrnehmen, daß die beſonders ſtark ausgebildeten Strahlen der Corona von ſolchen

Gegenden des Sonnenrandes ausgehen, in denen eine ſtärkere Bildung von Protuberanzen ſichtbar iſt. Und wo eine ſolche Protuberanz nicht ſichtbar iſt, da kann es ja recht wohl ſein, daß dieſelbe doch vorhanden iſt, aber in einiger Entfernung diesſeits oder jenſeits des Sonnen-Randes, ſo daß die Protuberanz verdeckt wird.

Anderſeits unterliegt aber der Stoff der Corona ganz ähnlichen Geſetzen wie die bekannten Gaſe, obgleich man faſt ſagen könnte, daß jener ſich in einem andern Aggregatszuſtand befinde. Deshalb iſt in den tieferen Theilen der Corona die Temperatur eine höhere. Und wenn ſie auch nicht ſo hoch iſt, daß ein wirkliches Glühen des Stoffes ſtattfindet, ſo iſt ſie doch hinreichend, um unter Mitwirkung des noch reichlich vorhandenen gebundenen Aethers eine ſchwache Licht-Erſcheinung hervorzubringen, welche eben in der hellen „Corona-Linie" 1474 K. ihre concentrirte Wirkung zeigt. Ganz Aehnliches findet ja auch bei den Nebelflecken und bei den Kometenſchweifen ſtatt (cf. sup. S. 29). Auch die Waſſerſtofflinien C, F, h ſind ſichtbar, aber ſie reichen nicht in ſo große Höhen wie 1474 K. In größerer Höhe aber wird der Stoff durch die dynamiſche Abkühlung infolge der Ausdehnung auf eine ſo tiefe Temperatur gebracht, daß weder die Waſſerſtoff-Linien noch auch ſelbſt die Corona-Linie noch hell erſcheinen. Deshalb iſt in den großen Strahlen der Corona *keine* helle Linie ſichtbar, obgleich der Stoff dort offenbar vorhanden iſt. Derſelbe leuchtet daſelbſt eben nicht mehr durch *eigenes* Licht in *Verbindung* mit reflectirtem Sonnenlicht, ſondern *nur* noch durch ſolches reflectirtes Licht. Deshalb ſieht man in jenen Strahlen ein ſchwaches Sonnen-Spectrum mit den gewöhnlichen Fraunhofer'ſchen Linien, aber keine hellen Linien mehr, wie ſie in geringeren Höhen neben dem Sonnenſpectrum auftreten [1]). Dieſe Reflexion ſelbſt geſchieht aber zum Theil an den Molekeln des Gaſes ſelbſt und zum Theil an den kleinen Partikeln kosmiſchen Staubes (meteoriſchen Urſprunges), welcher in demſelben ſuspendirt iſt. Hieraus erklärt ſich, daß das Licht der Corona und ihrer Strahlen polariſirt iſt in der Richtung gegen die Sonne hin. —

Die Corona iſt indeß noch nicht das Höchſte auf der Sonne, was einer Erklärung bedarf. Viel weiter noch als ſie erſtreckt ſich

[1]) Wenn dies begründet iſt, dann ſcheint darin ein Grund zu liegen, wegen deſſen eine *Photographierung der Corona* an gewöhnlichen Tagen *nicht* zum Ziele führen *kann*. Denn die Möglichkeit einer ſolchen beruht ja eben darauf, daß das Licht, welches die Corona ausſendet, in einer oder einigen hellen Spectrallinien oder Banden condenſirt auftrete.

der Einfluß, nicht blos der Sonne im allgemeinen, sondern auch der Vorgänge, welche sich auf der Sonne abspielen. Es wurde bereits erwähnt (S. 122), daß die Protuberanzen- und Flecken-Thätigkeit der Sonne in innigem Zusammenhang steht mit den Polarlichtern und gewissen Erscheinungen des Magnetismus der Erde. Es kann als völlig erwiesen angesehen werden, daß die Periode der Intensität jener Sonnen-Thätigkeit vollkommen parallel geht mit den Perioden, welche in der Intensität der Polarlichter und in der Größe der Schwankungen der erdmagnetischen Elemente (hauptsächlich der Deklination) auftreten. Nicht nur das, sondern auch einzelne besonders heftige Vorgänge auf der Sonne machen sich sofort, und wie es scheint fast augenblicklich, durch eine Verstärkung oder Störung jener geophysikalischen Vorgänge bemerkbar.

Eine vollständige Erklärung dieses Zusammenhanges ist noch nicht gegeben worden. Manche Astro-Physiker sind der Ansicht, daß bisweilen durch besonders heftige Eruptionen auf der Sonne Theile der dortigen Massen eine so große Geschwindigkeit erlangen, daß sie der Anziehungskraft der Sonne gänzlich sich entreißen und in den Weltraum zu fernen Himmelskörpern, und somit auch auf unsere Erde entfliehen können, um dort Erscheinungen zu bewirken, welche wir als Nordlichter oder als Störungen des Erdmagnetismus beobachten. Diese Annahme enthält an sich keine Unmöglichkeit; doch ist sie bis jetzt auch in keiner Weise empirisch nachgewiesen worden. Damit ein Theil der Sonnenmasse von der Attraction der Sonne vollständig emancipirt und fortgeschleudert würde, müßte er eine Geschwindigkeit besitzen, welche wenigstens $v = \sqrt{2 M g r^2 : m R} = 617{\cdot}0$ KM $= 83{\cdot}16$ g. Meilen betrüge. Es ist aber noch nie eine Bewegung auf der Sonne mit Sicherheit nachgewiesen worden, deren Geschwindigkeit auch nur 70 g. Meilen erreicht hätte. Außerdem würde selbst bei jener Anfangsgeschwindigkeit eine Zeit von $27{\cdot}4$ Tagen verstreichen, bis der Stoff auf der Erde anlangen könnte. Sollte die Masse gerade nur bis zur Erde gelangen, so müßte $v = 82{\cdot}96$ g. Meilen sein, die Zeit aber wäre $= 63{\cdot}7$ Tage. In Wirklichkeit ist aber, wie es scheint, die Wirkung fast augenblicklich wahrnehmbar, und die Mittheilung scheint mit der Geschwindigkeit des Lichtes zu erfolgen.

Andere Physiker halten dafür, daß auf der Sonne nicht blos heftige Bewegungen der wägbaren Stoffe, sondern auch kräftige elektrische Ströme bestehen, und daß durch starke Schwankungen derselben eine Alterirung der tellurischen Zustände herbeigeführt werde. Auch

dieſe Annahme iſt im Princip nicht unmöglich. Indeß ſcheinen doch die Strömungen, welche wir auf der Sonne annehmen können, viel zu ſchwach zu ſein und eine relativ viel zu geringe Dimenſion zu beſitzen, als daß aus ihnen ſo ſtark hervortretende Aenderungen auf der Erde mit Wahrſcheinlichkeit abgeleitet werden könnten.

Eine andere Geſtalt ſcheint aber die Frage zu gewinnen, wenn wir außer den Vorgängen in der Sonne ſelbſt auch noch die Corona mit in Erwägung ziehen. Es wäre wohl recht gut möglich, daß Theile der Corona, welche in Strahlen auslaufen, eine ſolche Geſchwindigkeit beſäßen, daß ſie ganz von der Sonne weg geſchleudert würden, ohne daß wir eine ſolche Bewegung nachzuweiſen im Stande wären. Dennoch ſcheint dieſe Hypotheſe eines phyſiſchen Transportes des Corona-Stoffes nicht die wahre Erklärung jener Erſcheinungen zu enthalten, theils wegen der bereits erwähnten Gleichzeitigkeit der Erſcheinungen mit den Vorgängen auf der Sonne, theils auch weil es ſich bei genaueren ſpektroſkopiſchen Unterſuchungen herausgeſtellt hat, daß die Corona-Linie 1474 K. nicht identiſch iſt mit einer von den fünf Nordlicht-Linien, wie man lange Zeit auf die Autorität Winlock's hin angenommen hatte.

Eine größere Wahrſcheinlichkeit beſitzt ſonach die zweite Erklärungsweiſe. In der That iſt es ſchon a priori ſehr wahrſcheinlich, daß jene gewaltigen Strömungen der Corona einen indueirenden Einfluß auf die elektriſchen Ströme in der Erde und auf die Elektricität der höheren Regionen der Atmoſphäre ausüben, und dadurch ſowohl Störungen der erdmagnetiſchen Elemente als auch Nordlichter hervorbringen können. Denn jene Strömungen haben enorme Dimenſionen und wahrſcheinlich auch ſehr große Geſchwindigkeiten. Ferner iſt dieſer Stoff aller Wahrſcheinlichkeit nach ſehr ſtark mit Aether untermiſcht. Gemäß der einzigen plauſiblen Theorie über das Weſen der Elektricität beſteht aber dieſe eben in nichts anderem als in einem Ueberſchuß an Aether; und elektriſche Ströme ſind nur „ſtrömender Aether". Wenn dieſe ganz annehmbare Theorie wirklich begründet iſt, dann erſcheint es vollkommen naturgemäß, daß zwiſchen den Erſcheinungen der Protuberanzen einerſeits und den Polarlichtern und erdmagnetiſchen Störungen anderſeits ein enger Nexus und Parallelismus beſtehen muß, wie er thatſächlich beobachtet wird. —

Können wir ſonach für alle wichtigeren Erſcheinungen, die an der Sonne beobachtet werden, eine wenigſtens einigermaßen befriedigende Erklärung geben, ſo iſt doch die ganze Theorie auch einigen erheblichen

Schwierigkeiten ausgesetzt. Die wichtigsten und interessantesten derselben müssen wir noch kurz in Betrachtung ziehen.

Eine Schwierigkeit liegt darin, daß nach der gegebenen Theorie die Absorption des Lichtes durch die um die Sonne befindlichen Schichten von Metalldämpfen, Chromosphäre und Atmosphäre eine weit stärkere sein müßte, als wirklich beobachtet wird. Nach der Berechnung von Pickering werden von den Strahlen, welche von der Sonne senkrecht ausgehen, in deren Umhüllungen 74% absorbirt (nach Vogel's Berechnungen noch weniger), während die Atmosphäre der Erde von den senkrecht durchgehenden Strahlen etwa 20·6% absorbirt. Die absorbirende Wirkung jener gewaltigen Schichten würde also nicht stärker sein als unsere Atmosphäre bewirken würde, wenn sie 5·8 oder ca. 6mal mehr Masse hätte; während doch in Wirklichkeit jene Schichten gewiß viele 100mal mehr Masse enthalten müßten, als auf gleicher Fläche unsere Atmosphäre.

Hiegegen ist indeß zu bemerken, 1. daß diese Schwierigkeit eigentlich nicht gegen die obige Theorie gerichtet ist, sondern vielmehr gegen Thatsachen, welche aus den Beobachtungen ohne alle „Sonnen-Theorie" sich ergeben. Denn, daß jene Schichten in den angegebenen Dimensionen existiren, ist ein directes Ergebniß von vielfach angestellten messenden Beobachtungen; und über die Natur der Schichten geben die Principien der Spectroskopie sicheren Aufschluß. Offenbar kann also die Schwierigkeit nicht auf Wahrheit beruhen. 2. Wir werden sonach zu der Annahme gedrängt, daß in der That jene Gasschichten auf der Sonne eine verhältnißmäßig weit schwächere Absorption bewirken, als unsere Atmosphäre. Dies enthält aber auch nichts Befremdendes, da wir wissen, daß unsere Atmosphäre durchaus nicht aus völlig reinen Gasen besteht. In derselben ist immer eine große Quantität Wasserdampf enthalten, und in den höheren Regionen ist derselbe zu sehr kleinen Tröpfchen oder Eiskrystallen condensirt. Außerdem ist auch wirklicher Staub reichlich in der Atmosphäre enthalten, wie man auf hohen Gebirgen noch in 12—15000 Fuß Höhe nachweisen kann, sei derselbe nun von der Erde emporgehoben, oder sei es vulkanischer Staub, ähnlich demjenigen, welcher anno 1883 besonders massenhaft durch den Krakatoa in die Atmosphäre geblasen wurde, oder sei er kosmischen Ursprunges. Auf der Sonne wird solcher Staub nur in weit geringerem Verhältniß vorhanden sein; und dann ist naturgemäß auch die Absorption der Lichtstrahlen in den dortigen Schichten eine verhältnißmäßig weit geringere.

Eine andere gewichtigere Schwierigkeit entsteht aus den Principien der Spectroskopie. Nach denselben werden nämlich die Spectrallinien leuchtender Gase sehr verbreitert, sobald dieselben einem hohen Druck oder hoher Temperatur ausgesetzt sind. Die umkehrende Schicht der Sonne und die Chromosphäre sind aber nach obiger Theorie einem enormen Druck und äußerst hohen Temperaturen ausgesetzt, und geben doch sehr feine scharfe Spectrallinien.

Auch gegen diese Schwierigkeit gilt die erste der soeben gemachten Bemerkungen. Daß der Druck und die Temperatur in jenen Schichten sehr intensiv sind, kann als ein Factum angesehen werden, welches unabhängig von jeder Theorie der Sonne ist. Um logisch richtig vorzugehen, müssen wir also vielmehr das angeführte spectroskopische Princip in Zweifel ziehen, als das Vorhandensein des gewaltigen Druckes und der hohen Temperatur auf der Sonne. Zudem haben wir aber auch von rein physikalischem Standpunkt aus einen guten Grund, durch welchen die Wahrheit jenes Principes sehr in Frage gestellt erscheint. Der Beweis für dasselbe wird nämlich erbracht durch Beobachtungen an Geißler-Röhren unter verschiedenem Druck der eingeschlossenen Gase. Wenn der Druck ein größerer wird, werden allerdings die Spectrallinien breiter und verwaschen. Allein die Temperatur bei der elektrischen Entladung ist dann auch eine höhere. Man hat nun lange gestritten, ob die Verbreiterung eine Folge des stärkeren Druckes oder der höheren Temperatur sei. Man nimmt ziemlich allgemein das letztere an; allein man scheint ganz übersehen zu haben, daß noch ein dritter Umstand dabei im Spiel ist, dem die Wirkung zugeschrieben werden kann. Die Wahrheit dürfte vielmehr sein, daß weder dem stärkeren Druck noch der höheren Temperatur die Erscheinung zuzuschreiben sei, sondern der heftigeren Erschütterung, welche die Atome durch die gewaltsame elektrische Entladung erleiden. In den Dampf- und Gas-Schichten der Sonne ist allerdings ein sehr hoher Druck und eine enorme Temperatur vorhanden, aber es fehlt dort jene heftige Erschütterung der Atome. Deshalb werden auch die intramolekularen Schwingungen ganz ungestört, den die Atome verbindenden Kräften entsprechend, sich vollziehen können, und demgemäß auch feine scharfe Spectrallinien erzeugen. Eine Verbreiterung der Linien wird nur dann eintreten, wenn diese Atomkräfte selbst durch das Eingreifen einer neuen Kraft alterirt und in ihrer Wirkung gestört werden, was eben durch eine mehr gewaltsame elektrische Entladung geschieht.

Iſt dieſe Anſchauungsweiſe — wie es ſcheint — begründet, dann fällt nicht nur dieſe Einwendung gegen die gegebene Theorie der Sonne; ſondern unſere ſpectroſkopiſchen Principien ſelbſt erfahren eine Berichtigung, und die kosmiſche Phyſik iſt wieder einmal unſerer Kabinets-Phyſik zu Hilfe gekommen, indem ſie die gleiche Erſcheinung unter Umſtänden bietet, welche wir in unſeren Kabineten nicht herzuſtellen vermögen, und ſo auf eine richtigere Interpretation der beobachteten Erſcheinungen leitet.

Ein weiteres Bedenken kann darin gefunden werden, daß die oben gegebene Erklärung des intenſiven Lichtes der Photoſphäre im Widerſpruch ſteht mit dem oben (S. 117) erwähnten „Geſetz von der „kritiſchen Temperatur". — Indeß ſo wenig der Widerſpruch geleugnet werden kann, ſo wenig iſt derſelbe entſcheidend. Es iſt vielmehr zu erwägen, das jenes phyſikaliſche „Geſetz" noch ſehr weit davon entfernt iſt, ſtreng und allgemein bewieſen zu ſein. Es iſt nur mit großer Wahrſcheinlichkeit nachgewieſen für die Dämpfe von einigen Flüſſigkeiten, und nur bis zu verhältnißmäßig geringen Drucken. Für Drucke von 300mal größerer Intenſität, und für Dämpfe von Metallen liegen gar keine Verſuche vor; noch weniger für die Dämpfe von Kohlenſtoff, Bor und Silicium, welche eigentlich allein hier in Betracht kommen. Es ſcheint ſonach nicht begründet, daß wegen einiger weniger Kabinets-Verſuche und eines darauf geſtützten höchſt unvollſtändigen Inductionsbeweiſes eine wohlbegründete Theorie der kosmiſchen Phyſik als unrichtig erklärt, oder auch nur gehemmt und ernſtlich beanſtandet werde. Vielmehr dürfte auch hier die Kabinets-Phyſik einige Belehrung von Seite der kosmiſchen Phyſik annehmen. —